ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JANVIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **WICKLIFFE ROSE**, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des polynomes qui se rattachent aux intégrales eulériennes.* Note [1] de M. **PAUL APPELL**.

Si l'on pose, en désignant par n un entier positif,

$$(1)\qquad R_n(x) = \alpha \int_0^\infty e^{-\alpha t}(\log t)^n \, dt \qquad (\alpha = e^x,\ x \text{ réel},\ \alpha > 0),$$

$R_n(x)$ est un polynome en x, de degré n, qui vérifie la relation

$$(2)\qquad \frac{dR_n}{dx} = -nR_{n-1};$$

c'est ce qu'on voit, en appliquant la méthode que j'ai donnée dans un Mémoire inséré au Tome 9 de la deuxième série des *Annales de l'École Normale supérieure*. D'après ce Mémoire, on doit avoir

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{h^n}{1.2\ldots n} R_n(x) = e^{-hx} f(h),$$

---

[1] Séance du 2 janvier 1924.

ce qui se vérifie facilement, $f(h)$ étant égal à $\Gamma(h+1)$. On a donc, d'après l'expression classique

$$\Gamma(h+1) = e^{-hC+\frac{1}{2}S_2h^2-\frac{1}{3}S_3h^3+\frac{1}{4}S_4h^4-\ldots},$$

$$(3) \qquad \sum \frac{h^n}{1.2\ldots n} R_n(x) = e^{-h(C+x)+} e^{\frac{1}{2}S_2h^2-\frac{1}{3}S_3h^3+\frac{1}{4}S_4h^4-\ldots},$$

relation qui montre que $R_n(x)$ contient x par la seule combinaison $C+x$ et que $R_n(x) = P_n(C+x)$, P_n désignant le polynome défini dans ma Note du 3 décembre 1923. Faisant $x=0$,

$$\sum \frac{h^n}{1.2\ldots n} P_n(C) = e^{-hC} e^{\frac{1}{2}S_2h^2-\frac{1}{3}S_3h^3+\frac{1}{4}S_4h^4-\ldots}.$$

Les polynomes $R_n(x)$ ont le moindre nombre possible de racines réelles, à savoir o si n est pair, 1 si n est impair. En effet, si n est pair, la formule (1) montre que $R_n(x)$ est positif quel que soit x, et, si n est impair, la formule (2) montre que $R_n(x)$ a, au plus, une racine réelle.

BOTANIQUE. — *Remarques sur les relations des arbres avec les Champignons souterrains.* Note de M. **J. Costantin.**

A la suite d'une mise au point de nos connaissances sur les relations des racines de Conifères avec les Champignons [1], il y a lieu d'envisager un autre problème qui paraît extrêmement complexe, celui des connexions qui peuvent exister entre les racines des *Quercus* et les Tubéracées.

Une grande découverte agricole se trouve liée à cette question, celle qui a permis à la trufficulture de prendre un essor prodigieux, à la suite d'une observation dont l'explication est encore à trouver. Elle a été faite accidentellement, semble-t-il, par de Montclar, conseiller au parlement d'Aix-en-Provence, dans sa terre de Bourgane, près de Saint-Saturnin-les-Apt (entre 1750 et 1780) : il s'était fait envoyer des glands de Chênes de Malte et il récolta, dix ans après, à sa grande surprise, de nombreuses et bonnes Truffes. Cette constatation aurait pu rester inféconde sans la sagacité d'un cultivateur de Saint-Saturnin-les-Apt qui, ayant eu connaissance du fait précédent, tira de cette remarque une technique agricole (1802-1810). Ce procédé empirique incompréhensible de Talon qui consiste à semer des Chênes, est entré dans la pratique en grand en Vaucluse, Basses-Alpes, Poitou, Périgord, etc. C'est ainsi qu'est née et

---

[1] Costantin, *La vie mystérieuse des Champignons. Mise au point du problème des mycorhizes de Conifères* (*Revue scientifique*, n° 23, 8 décembre 1923, p. 733, 8 photogravures).

qu'a pu se développer une des industries les plus originales de notre pays, grâce à cet axiome que formulait plus tard le comte de Gasparin : « Si voulez des Truffes, plantez des Chênes (¹).

Une observation faite par Léveillé, mycologue éminent, semblait en contradiction avec les résultats de cette immense expérience en grand (²) : il affirmait avoir trouvé des Truffes dans un terrain dépourvu d'arbres. La même opinion a été soutenue par d'autres auteurs [Léon Dufour, Henri Bonnet, Balansa (³)].

Néanmoins tous les praticiens expérimentés, tous les rabassiers affirment n'avoir jamais constaté la présence d'aucun *Tuber* en dehors des couverts d'arbres. On sait d'ailleurs que ces arbres sont très variés (⁴); si les Chênes sont employés le plus souvent, on a trouvé la Truffe sous un très grand nombre d'autres essences, et cette remarque enlève au Chêne son caractère de nécessité. Sans vouloir nier l'exactitude de l'observation de Léveillé, Chatin, de Ferry de la Bellone, etc. la considèrent comme négligeable.

Cependant, quand Matruchot (⁵) entreprit la culture aseptique des *Tuber melanosporum* et *uncinatum*, il arriva à formuler cette opinion que la plante peut vivre au début en saprophyte. Il obtint dans ses recherches des sclérotes qu'il envisagea comme des ébauches de périthèces, mais restant toujours stériles. Il en concluait que l'arbre devait être nécessaire pour l'achèvement de l'évolution du Champignon et la formation des spores.

J'ai fait quelques essais de culture en milieu stérilisé qui modifient la précédente opinion; ils ont porté, non pas sur les deux espèces qui viennent d'être nommées, mais sur le *Tuber brumale* (⁶) et j'ai pu obtenir dans une

---

(¹) Voir Agénor de Gasparin, *Trufficulture* (*Journal d'Agriculture pratique*, 1856). — de Ferry de la Bellone, *La Truffe*, 1888. — Ad. Chatin, *La Truffe*, 1892, etc.

(²) Léveillé, *Ann. Sc. nat.*, 1843 ; *Dict. d'Orbigny*, article *Truffe et Tubéracées.*

(³) Chatin, *loc. cit.*, p. 97. — Dufour, *Insectes tubérivores* (*Ann. Sc. nat.*, 1839-1840). — Henri Bonnet, *La Truffe*, 1869, et *Journ. Soc. d'Agr. de Vaucluse*, 1889. On cité le cas de Truffes développées dans un tonneau rempli de marc de vendange (Abbé Charvat).

(⁴) *Quercus pubescens*, *Ilex*, *coccifera*, Noisetier, Pin d'Alep, *Picea excelsa* divers *Juniperus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea*, *Betula*, *Populus*, *Platanus*, *Ulmus* *Prunus*, *Persica*, *Cerasus*, etc. La liste que donne Chatin (p. 91-95) est extraordinairement longue.

(⁵) Matruchot, *Germination des spores de Truffes; culture et caractères du mycelium truffier* (*Comptes rendus*, t. 166, 1903, p. 1099); *Caractères du mycélium truffier* (*Ibid.*, t. 166, 1903); *Sur la culture artificielle de la Truffe* (*Bull. Soc. mycol.*, t. 19, fasc. 3, 1903).

(⁶) Je dois la détermination précise de cette espèce à M. Patouillard. Les tubercules m'ont été remis par M. Ed. Plateau, récoltés dans la Crau sur le domaine de la

durée très courte d'un mois environ (récemment des ébauches en 11 jours) des fructifications, très petites il est vrai (1^{mm} à 2^{mm}), mais produisant des asques et des ascospores *adultes*, bien colorées en brun foncé, couvertes de verrues filamenteuses tout à fait semblables aux spores adultes de l'échantillon qui a servi de point de départ. Ces périthèces sont d'abord entourés d'un péridium vert d'eau, vert foncé, vert bleu s'acheminant vers le noir. Ces petites fructifications évoquent les petites truffinelles dont a parlé autrefois Turpin assez théoriquement ([1]), mais que Condamy envoya à Chatin avec le mycélium truffier. En somme, d'après l'observation que j'ai pu faire, l'arbre n'est pas nécessaire pour la maturation des ascospores.

Le mycélium que j'ai obtenu est *blanc*, comme l'ont soutenu Tulasne et Chatin. Il garde cette teinte même au voisinage des fructifications que j'ai pu voir se former. Sur certains milieux il peut devenir brun, au moins partiellement.

Ces petites fructifications, ainsi que le mycélium, sont couvertes primitivement d'un très grand nombre de petites conidies hyalines, unicellulaires, ovales, parfois un peu courbées, qui se disséminent rapidement dans le liquide où on les observe. Elles ont des dimensions variables, notamment de 6^{μ} à 10^{μ} sur 2^{μ} à 3^{μ}. Elles n'ont rien à voir avec les formes conidiennes décrites par M. Boulanger ([2]) sous les noms étonnamment divers d'*Acrostalagmus cinnabarinus*, *Stachylidium*, *Monilia*, *Amblyosporium*. Une pareille multiplicité d'appareils reproducteurs avait paru inadmissible à Matruchot, d'abord parce qu'il n'avait pas vu d'appareil conidien dans ses cultures, ensuite parce que ce polymorphisme déroutait ce mycologue expérimenté.

En somme, je reconnais que j'ai obtenu, comme M. Boulanger (pour une autre espèce de *Tuber*, il est vrai), des fructifications ascosporées.

Cabanasse de Forbin (Bouches-du-Rhône) sous les Chênes verts. C'est seulement au bout de 20 ans que les Truffes ont été découvertes. D'ordinaire il faut attendre 6 à 12 ans pour la première récolte.

([1]) TURPIN, *Mém. du Muséum*, t. 15, 1827, p. 343.

([2]) ÉMILE BOULANGER, pli cacheté déposé à l'Académie des Sciences le 10 décembre 1900, ouvert le 4 mai 1903, publié dans la séance du 11 mai 1903. — *Sur la culture de la Truffe à partir de la spore* (*Bull. Soc. myc. France*, t. 19, 7 mai 1903, p. 36). — *Germination des ascopores de la Truffe*. Rennes, juin 1903. — *Les myceliums truffiers blancs*. Rennes, Oberthur, août 1903. — *La culture artificielle de la Truffe* (*Bull. Soc. myc. France*, t. 20, 2e fasc., 1904). — *Note sur la Truffe* (*Ibid.*, t. 21, 7 décembre 1905). — *Germination de la spore échinulée de la Truffe* (*Ibid.*, t. 22, 1er février 1906).

La forme conidienne dont j'ai constaté la présence, chez le *Tuber brumale*, existe vraisemblablement dans d'autres types; elle a probablement joué un rôle dans la propagation prodigieuse qui s'est faite grâce au Chêne. Peut-être serait-elle en rapport avec l'hypothèse soutenue avec tant d'ardeur par l'abbé Charvat ([1]) qui attribuait aux feuilles du *Quercus* une importance inexpliquée dans la propagation du Champignon. La description qu'il donne de l'arbre, ayant, après de longues pluies, un aspect enfumé, suggère l'idée de la propagation de conidies par l'air. Ceci semble plus admissible que la propagation par le vent des ascospores.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Manière dont se comporte le* Sterigmatocystis nigra *vis-à-vis de diverses substances sucrées dans des milieux faiblement minéralisés.* Note de M. **Marin Molliard.**

Après avoir constaté que le *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur un milieu contenant du saccharose et dans lequel on réduit l'aliment azoté et les substances minérales au $\frac{1}{25}$ de leur dose optima, déterminait l'oxydation de presque tout le glucose provenant de l'inversion du sucre employé, j'ai tout d'abord recherché quelle était la quantité maxima de glucose qui pouvait être ainsi transformé en présence d'une dose déterminée d'azote et de matières minérales. En offrant au Champignon 14, 21, 28 et 35^{g} de saccharose pour 150^{cm^3} de liquide nutritif on obtient, au bout de 10 jours à 36°, une acidité représentée respectivement par 36,5 — 55,8 — 56 et 57^{cm^3},2 de liqueur normale; or les acidités théoriques maxima, qui correspondent à la transformation totale du glucose en acide gluconique, sont égales à 38,8 58,2 — 77,6 et 97^{cm^3} N; l'acidité organique ne dépasse donc pas une valeur voisine de 56^{cm^3} N pour un volume de 150^{cm^3} (soit 7^{g},3 d'acide gluconique pour 100^{cm^3}) et tout le glucose ne se trouve transformé que dans les deux premiers milieux.

On pouvait penser d'autre part que le pouvoir d'oxydation manifesté par le Champignon dans les conditions envisagées pouvait s'étendre à d'autres sucres ou à des alcools polyatomiques et j'ai été amené à comparer à cet

([1]) Abbé Charvat, *Sur la Truffe* Valréas; 1862. Montélimar, 1863, 1870-1871. Cet auteur soutenait que les germes des Truffes viennent des branches et des feuilles. L'observation de Truffes dans un tonneau s'expliquait, d'après lui, par un liquide s'écoulant des feuilles (c'est l'ancienne théorie de la « pituite des arbres » d'*Encelius*).

égard des cultures effectuées en présence des substances suivantes (le nom de chacune d'elles est suivi de la valeur de l'acidité acquise au bout de 10 jours de culture) :

Substance.	Acidité (cm^3 N).	Substance.	Acidité (cm^3 N).
Maltose	2	Galactose	0,6
Lactose	0	Arabinose	0,4
Glucose	4	Mannite	0,15
Lévulose	1,2	Glycérine	0,5

Tous ces corps étaient fournis à la dose de 14^g par culture et se sont comportés comme alimentaires vis-à-vis de la moisissure, mais on voit que les acidités réalisées sont très faibles et nullement de l'ordre de celles qui sont obtenues à partir du saccharose; elles peuvent d'ailleurs se rapporter à une tout autre cause que la formation directe d'un acide organique à partir de la substance envisagée. Ce n'est qu'avec le glucose que l'acidité a une valeur appréciable et j'ai pu dans ce cas mettre en évidence la production d'une petite quantité d'acide gluconique; mais ici encore elle est loin d'atteindre la valeur qui est réalisée (56^{cm^3} N) en présence d'une quantité de saccharose fournissant le même poids de glucose; ce résultat est assez inattendu.

On pourrait penser que le glucose artificiel offert au *Sterigmatocystis nigra* était moins facilement attaqué que celui qui se trouve dériver immédiatement de l'inversion du saccharose; il se passerait alors quelque chose d'analogue à ce que Fernbach et Schœn [1] ont constaté à propos d'une bactérie anaérobie qui donne avec le saccharose une lévulosane, celle-ci ne se produisant par contre ni avec le glucose seul, ni avec le lévulose seul, ni avec un mélange équimoléculaire des deux sucres; ces faits ont amené les auteurs à parler de glucose et de lévulose naissants. Une première constatation nous empêche d'invoquer ici une telle manière de voir; si l'on suit les deux phénomènes d'hydrolyse du saccharose et d'oxydation du glucose en acide gluconique, on constate que le premier est sensiblement plus rapide que le second; tout le saccharose est dédoublé au bout de 2 jours, alors que l'acidité réalisée (17^{cm^3},9 N) n'est à ce moment que la moitié de celle qu'on observe au bout de 3 jours (36,6).

J'ai recherché alors comment se comportait le Champignon en présence de mélanges artificiels de glucose et de lévulose, et les résultats obtenus sont

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 84.

portés dans le tableau suivant qui donne pour chaque milieu les valeurs de l'acidité réalisée au bout de 10 jours :

Poids des sucres par culture (gr.).			Poids des sucres par culture (gr.).		
Glucose.	Lévulose.	Acidité (cm^3 N).	Glucose.	Lévulose.	Acidité (cm^3 N).
7	7	38,7	7	0	3,7
10	4	49,4	10	0	5,4
12	2	39,2	12	0	4
13	1	26,6	14	0	4
13,5	0,5	16,3	14	14	44,3

L'acidité s'élève d'abord dans le second milieu en raison de l'augmentation de la quantité de glucose introduit, mais ensuite elle diminue à mesure que la proportion de lévulose devient plus faible par rapport au glucose; lorsque le lévulose fait défaut nous retrouvons pour l'acidité des valeurs semblables à celle que nous avons signalée plus haut, et la dernière culture montre que le fait n'est pas dû à la concentration du glucose puisque après addition de lévulose à la quantité maxima de glucose on voit se produire à nouveau une grande acidité.

La formation d'acide gluconique nous apparaît donc tout d'abord comme résultant de la réduction des substances minérales, mais comme étant en outre dans nos expériences sous la dépendance de la présence du lévulose; celui-ci intervient-il en tant que sucre ou son action résulte-t-elle de quelque impureté, qui serait également introduite dans le milieu nutritif par le saccharose employé, c'est ce qu'établiront de nouvelles recherches.

ZOOLOGIE. — *Sur l'évolution d'un Crustacé parasite* (Flabellicola neapolitana *Gravier*). Note de M. Ch. Gravier.

Durant un séjour à la station zoologique de Naples en 1917, j'ai trouvé sur un Annélide Polychète de la famille des Flabelligériens [*Flabelligera* (*Siphonostoma*) *diplochaitos* (Otto)] un nouveau Copépode parasite : le *Flabelligera neapolitana*; le nom de genre rappelle que le Crustacé se fixe très généralement entre les deux éventails de soies qui circonscrivent la cage céphalique de l'hôte. J'ai publié ici même [1] les résultats de mes premières observations; depuis, j'ai repris ces études préliminaires d'une façon dis-

[1] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 502.

continue, à cause de travaux plus urgents; j'ai pu compléter et rectifier, sur certains points, les données que j'ai fournies tout d'abord, ce qui fait l'objet de la présente Note.

Au moment où le parasite est parvenu à son état de complet développement et, où il se prépare à pondre, il se compose de deux parties très inéga-

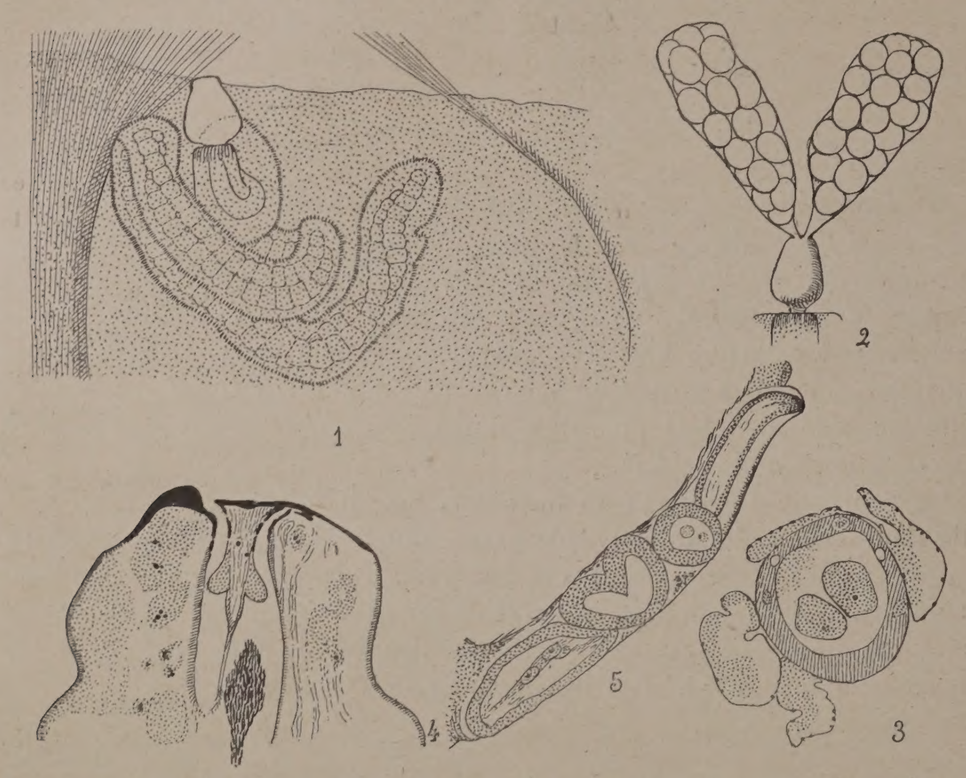


Fig. 1. — Le Crustacé parasite à l'état de maturité sexuelle, en place dans l'hôte (Annélide Polychéte). La vésicule mâle (en haut dans la figure), seule, est externe. Dans la partie interne, visible par transparence, on voit les ovules disposés en deux rangées régulières contiguës. Gr. : 36.

Fig. 2. — Vésicule externe, avec les deux sacs ovigères. Gr. : 32.

Fig. 3. — Coupe transversale du Crustacé parasite en voie de développement, avec les deux masses qui donneront naissance aux ovules. Des vaisseaux sanguins sont accolés à la surface du parasite.

Fig 4. — Coupe longitudinale de la partie supérieure de la vésicule externe, avec les voies qui aboutissent aux orifices de sortie des œufs. A droite, un paquet de spermatozoïdes.

Fig. 5. — Coupe longitudinale d'un exemplaire du même Crustacé parasite qui s'est développé entièrement dans l'épithélium de la collerette antérieure de l'Annélide.

lement développées, l'une interne, l'autre externe (*fig.* 1). La partie interne, comprise entre les deux parois de la collerette qui forme la région antérieure du Polychète, à travers laquelle on peut souvent l'apercevoir par transparence, n'est, en somme, qu'un sac à œufs replié plusieurs fois irré-

gulièrement sur lui-même, il est difficile d'en mesurer exactement la longueur qui varie, en général, de $3^{mm},5$ à 4^{mm}. La partie externe est un organe fréquemment piriforme dont le grand axe ne dépasse guère $0^{mm},3$, et qui se relie au reste du corps par un col étroit, au niveau de son émergence. C'est dans cet organe que se forment les spermatozoïdes et que s'accomplit la fécondation. C'est à la fois un testicule et une vésicule séminale. Le parasite est donc hermaphrodite, mais il ne le devient qu'au terme de son évolution; il reste femelle presque toute sa vie. Il atteint sa maturité sexuelle très vraisemblablement peu après que s'est constituée la vésicule externe. A l'intérieur de celle-ci, par suite de la fonte des cellules-mères des spermatozoïdes, il se forme des cavités contenant de nombreux éléments mâles, où viennent déboucher les tubes qui renferment les ovules disposés suivant deux rangées contiguës. Ces ovules sont fécondés au passage; leur trajet est canalisé à l'intérieur de la vésicule, d'où ils sortent par deux orifices voisins l'un de l'autre, au sommet de la vésicule, pour donner naissance aux deux sacs ovigères qui ont un peu plus de 1^{mm} de longueur chacun (*fig.* 2 et 4); il y a une cinquantaine d'œufs dans chaque sac.

J'ai seulement pu observer les premiers stades de la segmentation de l'œuf; je n'ai pu suivre celle-ci jusqu'à la formation du *Nauplius* à laquelle elle aboutit vraisemblablement. Peut-être cette segmentation est-elle assez rapide. Beaucoup de pontes récoltées à diverses époques de l'année ne contenaient que des œufs peu évolués ou vidés de leur contenu. La larve mise en liberté, après une certaine période de vie indépendante, va contaminer un autre *Flabelligera*. Il est possible que certaines de ces larves demeurent dans la cavité branchiale du Polychète sur lequel elles se sont développées, car une forte proportion de Vers donnent asile à plusieurs parasites de divers âges et je n'ai pu trouver aucun indice de multiplication agame du Copépode à l'intérieur de l'hôte, ce que j'avais soupçonné au cours de mes premières recherches.

Si elle n'est pas restée dans la cage céphalique du *Flabelligera* où elle a pris naissance, la forme libre du parasite pénètre donc dans celle d'un Polychète de la même espèce et elle va se fixer sur la face interne de la collerette antérieure de cet Annélide. Elle doit d'abord percer l'épithélium et la faible couche musculaire sous-jacente. Comment se fait la pénétration du parasite dans l'hôte? Je ne puis répondre à cette question. Il faudrait, pour essayer de le faire, comme pour combler les lacunes signalées plus haut, tenter de faire des élevages en aquarium, ce qui ne peut guère être entrepris que dans un laboratoire approprié. La perforation de la mince

paroi interne de la collerette ne paraît pas présenter de sérieuses difficultés à la larve; cependant, à deux reprises, j'ai trouvé le parasite arrêté dans sa marche à travers ce faible obstacle; une première fois, dans la couche épithéliale même qui est localement détruite par l'intrus (*fig.* 5); une seconde fois, entre la couche épithéliale et la minuscule couche de fibres musculaires qu'elle recouvre. Dans ces conditions exceptionnelles, il semble que la larve peut parcourir entièrement son évolution, mais elle paraît n'aboutir qu'à des formes rabougries, de dimensions beaucoup plus restreintes que dans les cas normaux, où elle se développe dans la cavité limitée par les deux parois de la collerette, dorsalement, entre les deux faisceaux de grandes soies du premier segment du corps et où elle trouve des conditions très avantageuses pour elle [1]. Là, en effet, sont des vaisseaux sanguins auxquels elle s'accole intimement (*fig.* 3) et dont la paroi extrêmement mince se prête fort bien aux échanges osmotiques au profit de la larve en voie de croissance. Je crois que c'est là que se déroule l'existence du parasite; j'ai cherché en vain sa présence dans les autres parties du corps de l'hôte.

Dans le milieu où elle se fixe d'ordinaire et qui paraît lui être très favorable, la larve du *Flabellicola*, selon toute apparence, se développe rapidement; dès le début de son évolution, elle est peut-être déjà amplement pourvue de réserves nutritives. En tout cas, dans les coupes minces en série que l'on pratique dans les Polychètes contaminés, on trouve toujours, aux dimensions près, cette larve sous une forme voisine de celle qu'elle présente un peu avant la fin de sa carrière. C'est une sorte de boudin qui s'adapte à l'espace dont il dispose, en se repliant sur lui-même, qui ne montre aucune division extérieure, aucune trace d'appendice, dont la paroi, assez épaisse et munie d'éléments contractiles, peut accomplir quelques mouvements comme il est aisé de le constater sur le vivant; à l'intérieur, on voit une large masse indivise pourvue de noyaux, riche en matériaux de réserve, dans laquelle les ovules se constituent et grandissent, à mesure que s'épuisent les matériaux nutritifs. Finalement, les œufs se disposent régulièrement en deux files longitudinales contiguës occupant presque toute la longueur du corps. L'extrémité opposée à celle où ont commencé à se former les ovules et qui marque probablement la partie postérieure du corps. comme si elle était douée d'un tropisme spécial, se

---

(1) Cf. *Bull. Mus. Hist. nat*,, t. 29, nos 6 et 7.

approche du tégument de l'hôte et le transperce, pour donner lieu à la vésicule externe, à l'intérieur de la cage céphalique ([1]).

C'est dans cette vésicule que se constituent les spermatozoïdes — qui ont la forme de longs filaments — aux dépens de cellules-mères dont je n'ai pu suivre que bien incomplètement le développement, mais qui me semblent se montrer de bonne heure dans la paroi de la larve. La fonte de ces cellules, après l'élaboration des éléments mâles, donne lieu à des cavités contenant de nombreux spermatozoïdes, et auxquelles aboutissent les tubes ovigères et qui se continuent, d'autre part, jusqu'aux orifices par où sortent les œufs fécondés pendant leur passage à travers les cavités ci-dessus mentionnées; ces œufs remplissent les sacs ovigères qui, seuls, indiquent la présence et aussi la nature du parasite, car ils sont propres aux Copépodes.

Tels sont les traits principaux de l'évolution de ce Crustacé hermaphrodite qui, dans l'état actuel de nos connaissances, peut être ainsi caractérisé :

Genre Flabellicola Ch. Gravier 1918. — Parasite interne du *Flabelligera* (*Siphonostoma*) *diplochaitos* (Otto). Aucun appendice. Simple sac en forme de boudin où se forment les oocytes, sans communication avec le dehors, jusqu'au moment où l'extrémité vraisemblablement postérieure perce la paroi du corps de l'hôte et forme une vésicule externe, à la fois testicule et vésicule séminale, séparée de la région interne du parasite par un col court et étroit, au niveau du tégument du Polychète. Ovules à maturité contenus dans deux tubes ovigères remplis chacun par une file unique de cellules sexuelles fécondées dans leur passage à travers la vésicule externe, sur laquelle reposent les deux sacs ovigères.

Golfe de Naples.

Parasite interne, le *Flabellicola neapolitana* Gravier présente le maximun de dégradation chez les Copépodes annélidicoles actuellement connus; il se réduit, en somme, à un sac à ovules presque jusqu'au terme de son existence, où il se pourvoit d'une vésicule externe qui est à la fois un testicule et un réservoir séminal, où les ovules sont fécondés au passage.

C'est du *Xenocœloma Brumpti* Caullery et Mesnil que paraît se rapprocher le plus le *Flabellicola neapolitana* et peut-être aussi du *Cryptodromus Terebellæ* Levinsen, lui-même parasite interne d'un Polychète, le *Terebella cirrata*. Mais ce dernier Copépode est beaucoup plus incomplètement connu que les deux autres. Chez ces trois Crustacés, l'organisme n'est, pour ainsi

---

([1]) *Comptes rendus*, *loc. cit.*, et *Pubbl. Staz. Napoli*, vol. 2, 1918, p. 209-231, Tav. 11.

dire, qu'un sac rempli d'éléments génitaux, comme les proglottis mûrs des Cestodes. Mais le dernier degré de la régression organique semble bien être réalisé chez le *Flabellicola neapolitana*, à cause de l'extrême simplification de l'appareil reproducteur.

ZOOLOGIE. — *Sur la complexité du cycle évolutif des Annélides polychètes.* Note [1] de MM. **F. Mesnil** et **M. Caullery.**

Nous avons insisté à plusieurs reprises [2] sur le polymorphisme évolutif des Annélides polychètes, tant en ce qui concerne la reproduction sexuée que la reproduction asexuée. Quelques travaux parus au cours de ces dernières années nous amènent à revenir sur ces faits en les complétant à certains égards.

En 1917 [3], nous faisions connaître le dimorphisme évolutif d'un Spionidien, *Spio martinensis* [4]; on peut résumer ainsi les faits:

Il y a deux sortes de pontes : les pontes A d'où sortent d'une façon précoce les larves à phase pélagique du type normal chez les Spionidiens et les pontes B qui donnent tardivement les larves volumineuses, plurisegmentées, à développement direct, bien que les œufs soient un peu plus petits que dans les pontes A, grâce à un phénomène de cannibalisme de ces larves qui dévorent les débris d'œufs et même la majorité des larves-sœurs.

Il semble bien que d'autres Spionidiens du même rameau (comprenant

---

[1] Séance du 2 janvier 1924.

[2] Voir, en dernier lieu, les *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 70, 6 juillet 1918, p. 707.

[3] *Comptes rendus*, t. 165, 5 novembre 1917, p. 646.

[4] Pour être sûrs que nous ne confondions pas deux espèces distinctes, vivant côte à côte, nous avons examiné un très grand nombre d'individus : ils avaient tous les caractères fondamentaux que l'un de nous a assignés à l'espèce *martinensis* en la créant; en particulier, le sétigère d'apparition des soies encapuchonnées à la rame ventrale est généralement le 14ᵉ, exceptionnellement le 13ᵉ ou le 15ᵉ, jamais un sétigère plus antérieur chez les formes adultes. Nous estimons donc qu'on a tort (voir Söderström, cité ci-contre) de vouloir identifier *Spio martinensis* avec l'espèce plus ancienne *Spio filicornis*, évidemment fort voisine, nous l'avons toujours dit, mais chez laquelle les soies encapuchonnées peuvent commencer au 10ᵉ sétigère. On risque ainsi une confusion regrettable, car rien ne dit que le dimorphisme évolutif et les parasites de *Spio martinensis* se présentent aussi chez l'espèce dont les soies encapuchonnées commencent au 10ᵉ sétigère.

les genres *Microspio*, *Pygospio* et *Polydora*) présentent un dimorphisme analogue. Ainsi, Söderström a décrit en 1920 une évolution de *Pygospio elegans*, à partir de l'œuf, calquée sur celle de nos pontes B ([1]); il se reporte d'autre part à une observation de Leschke, qui remonte à 1903, relative à une larve pélagique de Spionidien de la baie de Kiel qu'il croit pouvoir rapporter à *Pygospio elegans*. Cette supposition peut être renforcée par le fait suivant : l'un de nous ([2]) a décrit en 1896 une larve pélagique qu'il a rapportée sans hésitation à *Pygospio elegans*. S'il en est bien ainsi, en joignant à cette observation celle de Söderström, le dimorphisme évolutif de l'espèce en question apparaît hors de doute.

Peut-être le décèlera-t-on aussi chez *Microspio mecznikovianus* dont Claparède et Metchnikoff ont fait connaître une larve non pélagique du type B ([3]).

Chez les Polydores du sous-genre *Boccardia*, les faits se présentent un peu différemment. Söderström figure, sans y insister autrement, une larve de *Pol. natrix*, uniformément calibrée d'un bout à l'autre du corps, sans soies pélagiques. L'un de nous a décrit il y a longtemps (1896, *loc. cit.*, p. 225) une pareille larve chez *P. polybranchia*. Il y a là un type intermédiaire entre la larve pélagique et la larve trapue de *Spio martinensis*. Rien ne dit qu'il y ait dimorphisme évolutif.

Si, maintenant, de la reproduction sexuée, nous passons à la reproduction asexuée, nous devons faire remarquer que le nombre des cas connus va aussi en augmentant. En 1919, chez *Syllis gracilis*, nous faisions connaître, pour la première fois chez un Syllidien, un cas de multiplication asexuée par fragmentation du corps en morceaux comprenant un nombre de sétigères voisin de 7. De nouvelles constatations, faites en 1920 et 1921, nous ont permis de préciser les conditions de cette reproduction scissipare, et l'un de nous résumait ainsi, en janvier 1921, nos recherches communes ([4]) :

« Le corps se fragmente de la façon suivante : extrémité antérieure y

---

([1]) Söderström, *Studien über die Polychætenfamilie Spionidæ*, *Inaug. diss.*, Upsal, 1920. — Certains œufs, un ou deux par groupe, se développent aux dépens de leurs voisins qui n'évoluent pas du tout et se désagrégent. Il n'y aurait pas, comme chez *Spio martinensis*, ingestion de larves par leurs sœurs.

([2]) Mesnil, *Bull. scientif. France et Belgique*, t. 29, p. 178.

([3]) Claparède et Metchnikoff, *Zeitchr. f. wiss. Zool.*, t. 19, 1869. Quoi qu'en pense Söderström, nous connaissions cette observation; mais, notre Note de 1917 visait le fait du dimorphisme évolutif et non l'existence de telle ou telle forme larvaire.

([4]) Caullery et Mesnil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 926. — Mesnil, *Titres et travaux scientifiques* (1893-1920), Laval, Barnéoud, p. 37. — Nous rappelons aussi

compris quelques segments à soies ypsiliformes; plusieurs fragments d'un nombre de sétigères oscillant autour du chiffre 7 (de 4 à 11 avec prédominance des chiffres 7 et 8); enfin une extrémité postérieure de 20 à 30 sétigères. Les extrémités antérieure et postérieure régénèrent la partie manquante; les fragments moyens régénèrent tête et queue (voir la figure). »



Régénération de fragments moyens de *Syllis gracilis*.
1. Début de régénération d'un fragment de 6 sétigères.
2. Régénération avancée d'un fragment de 10 sétigères.

Voici d'ailleurs une statistique portant sur 104 fragments moyens :

Nombre de sétigères des fragments régénérants..........	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	.	17
Nombre d'individus observés.........	2	14	15	24	19	10	8	3	3	2	1	2	.	1

Or il est intéressant de constater que, dés 1921, sans connaître nos observations, Allen, à Plymouth ([1]), en faisait de tout à fait analogues sur

que nous avons fait connaître l'existence de la multiplication asexuée chez deux Sabellines, *Potamilla torelli* et *Myxicola dinardensis* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 683).

([1]) E. J. Allen, *Philos. Trans. R. Soc.*, t. 211, 1921, p. 131.

un autre Syllidien, *Procerastea halleziana* : des fragments de 3 ou 4 segments de la partie moyenne du corps reconstituent, par bourgeonnement, l'animal entier. Allen a même provoqué expérimentalement cette fragmentation et a établi la loi suivant laquelle le corps se brise en morceaux. Nous signalerons à ce propos que nous avons plusieurs fois rencontré, dans le fond de nos cristallisoirs contenant des plaques de *Lithothammion*, des *Pionosyllis lamelligera* donnant l'impression nette de se subdiviser en une chaîne d'individus (les constrictions affectaient le tube digestif) : souche antérieure de 13 sétigères, 4 tronçons de 3 sétigères, 3 de 4 sétigères et 6 (ou 7) de 2 sétigères. N'ayant pas observé, d'autre part, de fragments en voie de régénération, nous avons hésité à reconnaître là un début de scissiparité.

Entre autres familles de Polychètes présentant la multiplication asexuée, c'est certainement celle des Cirratuliens qui offre les cas les plus comparables à ceux ci-dessus indiqués; il suffit de se rappeler ce qui se passe chez les divers Cténodrilides (¹) et d'y joindre de très curieuses constatations que vient de faire M. Dehorne (²) chez *Dodecaceria*.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'emmagasinage des liquides volatils en industrie*. Note (³) de M. DE CHARDONNET.

M. Paul Dumanois a présenté à l'Académie, dans sa séance du 17 septembre dernier, un procédé destiné à récupérer les vapeurs saturant l'air qui occupe les espaces laissés vides, dans les réservoirs industriels où l'on emmagasine les liquides volatils : alcools, pétroles, etc. M. Dumanois traite ces masses d'air par les moyens usités pour liquéfier ces vapeurs, qu'il rectifie ensuite par distillation. Ces procédés, ingénieux d'ailleurs, entraînent des frais importants par suite des pertes inévitables au cours des manipulations, des dépenses de main-d'œuvre, de combustible, de puissance mécanique qu'elles exigent, sans compter les formalités avec la Régie.

Depuis une vingtaine d'années, j'ai appliqué une autre méthode à la conservation et à la manipulation des collodions de filature utilisés pour la soie artificielle. Cette méthode consiste tout simplement à mettre le liquide à l'abri du contact de l'air.

(¹) KORSCHELT, *Archiv f. Entw. Mechanik*, t. 45, 1919, p. 602.
(²) A. DEHORNE, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 143.
(³) Séance du 2 janvier 1924.

Les collodions de filature gagnent à reposer, à *digérer* quelque temps avant d'être employés; c'est pourquoi il y en a toujours des stocks considérables dans les usines; il est très important qu'ils ne changent pas de composition, par évaporation, notamment.

Les réservoirs qui contiennent le liquide sont des cylindres verticaux, généralement ouverts en dessus et comportant un joint boulonné à mi-hauteur. Dans ce cylindre se trouve logé un plateau ou flotteur en bois ou en métal creux qui peut jouer librement de bas en haut du réservoir. Il est relié à ce réservoir par un sac cylindrique en toile, de hauteur moitié moindre que le réservoir et serti, d'une part, dans le joint boulonné, d'autre part sur le pourtour du flotteur. En sorte que cette espèce de soufflet, gonflé par l'afflux du collodion arrivant par le bas, peut remplir tout ou partie du réservoir.

Lorsqu'il s'agit de collodion, on peut établir ce soufflet avec une toile de bâche serrée (ni peinte ni goudronnée, bien entendu). Le peu de collodion qui traverse le tissu se fige en une pellicule protégeant le collodion contre l'évaporation. Au bas du réservoir existe une vanne servant à l'évacuation du liquide; au-dessous du joint boulonné on ménage un tuyau d'entrée. On pourrait, à la rigueur, employer une seule tubulure munie d'un robinet à trois voies, pour le remplissage et la vidange.

Le même système peut s'appliquer à toute espèce de liquide; mais, s'il s'agit d'un liquide ne formant pas de pellicule protectrice, au lieu d'un seul tissu on en superpose deux, collés ensemble, en intercalant une membrane inattaquable au liquide emmagasiné; cette membrane doit être étudiée pour chaque cas particulier.

S'il y avait lieu de faciliter l'écoulement au moyen d'une certaine pression, rien n'empêcherait de fermer hermétiquement le haut du réservoir et de mettre l'air confiné dedans en communication avec la pompe à air ou le ventilateur.

Afin de connaître à chaque instant la quantité de liquide contenue dans le réservoir, on attache un fil métallique souple au centre du flotteur, lequel fait mouvoir un index le long d'une échelle graduée.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelles méthodes pour l'étude de l'infection et du traitement de la tuberculose.* Note (¹) de Sir **Almroth E. Wright.**

Par la présente Note, je désire montrer qu'il est possible d'appliquer à l'étude de l'infection tuberculeuse les méthodes d'hémoculture en lames minces et en tubes capillaires que j'ai précédemment décrites et appliquées à l'étude des infections staphylococciques et streptococciques.

Ces méthodes consistent à ensemencer, avec des dilutions graduées de culture bacillaire, du sang que l'on introduit soit dans des tubes capillaires, soit dans des lames-cellules plates, divisées en petits compartiments. On peut constater ainsi en 24 à 48 heures, autour d'un seul microbe, la formation d'amas ou de colonies qu'il est facile de voir en les colorant à la fuchsine phéniquée et au bleu de méthylène après laquage du caillot de sang au moyen d'une solution étendue d'acide acétique ou de saponine.

Ce mode de culture permet d'observer les réactions leucocytaires. On voit ainsi que les polynucléaires sont les premiers attirés vers les bacilles tuberculeux et les englobent; que le bacille provoque rapidement la destruction du polynucléaire qui l'a absorbé; qu'ensuite viennent les grands et petits mononucléaires; que ceux-ci forment, avec les polynucléaires dégénérés, ces grandes agglomérations signalées jadis par Borrel autour des foyers tuberculeux consécutifs à l'injection intraveineuse de bacilles. Un peu plus tard le réseau de fibrine s'amincit et l'agglomération leucocytaire qui entoure les amas de bacilles tuberculeux se dissout. Le début de ce phénomène peut être observé déjà après 24 heures. Au bout de 48 heures de petites cavités apparaissent et le processus de désintégration se poursuit, de sorte que le contenu des lames-cellules se montre criblé de trous; il ressemble alors à de petites coupes de poumon tuberculeux. La formation de ces cavités semble due à une action chimique spéciale (probablement à la trypsine), exercée par les leucocytes empoisonnés par les bacilles.

L'ensemencement des bacilles dans le sérum seul ne donne pas les mêmes effets. Ils n'y prolifèrent pas d'une façon appréciable. Dans le plasma fibrineux, au contraire, cette prolifération est très active et plus uniforme encore que dans le sang complet. Il semble donc que la fibrine favorise leur nutrition. Dans un pareil milieu il est facile d'étudier *in vitro*

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

les réactions réciproques des leucocytes et des bacilles pendant le développement de ceux-ci. Il suffit, pour cela, d'introduire dans certaines cultures des leucocytes, alors que d'autres cultures restent, comme témoins, sans leucocytes. On voit alors que l'intervention des leucocytes polynucléaires arrête, dans certains cas, la multiplication des bacilles. Mais, lorsque les leucocytes sont trop peu nombreux et qu'ils succombent devant la supériorité numérique des bacilles, on voit au contraire que la culture de ces derniers se trouve favorisée.

Si l'on ensemence comparativement, avec des bacilles tuberculeux, du sang normal et du sang de sujets atteints de tuberculose fébrile, on constate des différences très nettes dans les réactions leucocytaires. Alors que, dans le sang normal largement peuplé d'éléments microbiens, les leucocytes se rassemblent seulement en petit nombre autour de ceux-ci, ils s'accumulent en masses compactes autour des bacilles dans le sang des phtisiques, et les bacilles s'y détruisent en plus grand nombre. Chez le phtisique, les leucocytes sont donc à la fois agents de dissémination et de destruction des bacilles dans les foyers tuberculeux.

Le fait que l'augmentation de la réaction leucocytaire et du pouvoir tuberculo-bactéricide, caractéristiques du sang des malades tuberculeux, peut être obtenue par l'addition d'émulsion bacillaire au sang normal *in vitro*, permet d'étudier, également *in vitro*, la marche des phénomènes d'immunisation. Ceux-ci doivent dépendre des deux facteurs dont l'action est simultanée. Ce sont :

1° La quantité de bacilles vivants ensemencés;

2° La quantité de bacilles-vaccins surajoutés.

Avec des doses très faibles de bacilles tuberculeux ensemencés, l'addition de minimes quantités d'émulsion bacillaire (de l'ordre de 1 pour 50 millions au moins) provoque un très grand ralentissement du développement des bacilles.

L'addition de doses plus fortes d'émulsion bacillaire (dépassant 1 pour 5 millions) détermine une agglomération plus intense des leucocytes autour des bacilles tuberculeux. Avec des doses encore plus considérables, les bacilles semblent se développer davantage dans le sang, là où les leucocytes sont plus dispersés.

M. A. Laubeuf fait hommage à l'Académie du Tome I, 1922, des *Communications et Mémoires de l'Académie de Marine*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les insectes parasites de l'homme et des animaux domestiques*, par E. Séguy. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *L'analyse des gaz combustibles*, par Enrique Hauser. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

3° G. Bruhat. *Cours d'Électricité à l'usage de l'enseignement supérieur scientifique et technique*. (Présenté par M. M. Brillouin.)

M. **J.-J. Rey**, le **Laboratoire central d'Électricité** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension aux noyaux symétrisables des théorèmes de M. Weyl.* Note de M. **P. Sergesco**, présentée par M. E. Goursat.

On considère dans cette Note des noyaux symétrisables à gauche *par un même noyau symétrique défini par $\mathcal{G}(x, y)$ et qui sont de genre fini p.* D'après la définition de M. Tr. Lalesco [1], $N(x, y)$ est de genre p si p est le plus petit nombre entier tel que l'équation intégrale en $H(x, y)$

$$\int_a^b H(x, s)\mathcal{G}(s, y)\,ds = N^{(p)}(x, y)$$

soit résoluble. Il est aisé de vérifier que, si $N(x, y)$ est de genre p, il en est de même du noyau

$$N'(x, y) = N(x, y) + \sum_1^n \alpha_j f_j(x) \int_0^b \mathcal{G}(y, s) f_j(s)\,ds.$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 252.

Le noyau de Marty est de genre 2; j'ai montré ([1]) que le théorème fondamental de Weyl lui est applicable.

Pour toute fonction $\mathcal{G}(x)$, telle que

$$\int_a^b \mathcal{G}(x, y)\, h(x)\, h(y)\, dx\, dy \leqq 1,$$

on a

$$N_1 = \int_a^b N(x, y)\, \mathcal{G}(x, s)\, h(x)\, h(y)\, dx\, dy\, ds \leqq \frac{1}{\lambda_1^+},$$

où λ_1^+ est la plus petite valeur caractéristique du noyau de genre fini $N(x, y)$.

$N(x, y)$ étant de genre p, $N^{(p+1)}(x, y)$ est développable en série de solutions fondamentales, ce qni permet d'établir l'inégalité (pour $2^g > p$)

$$N_{2g} = \int_a^b N^{(2g)}(x, y)\, \mathcal{G}(x, s)\, h(s)\, h(y)\, dx\, dy\, ds \leqq \frac{1}{(\lambda_1^+)^{2g}}.$$

D'autre part, l'inégalité de Schwartz généralisée donne $N_1^{2g} \leqq N_{2g}$, d'où l'on déduit l'inégalité énoncée.

Une démonstration analogue à celle du *lemme* de M. Weyl ([2]) conduit au résultat : *La première valeur caractéristique positive $\lambda_1'^+$ du noyau* $N'(x, y)$ *est au plus égale à la $(n+1)^{ième}$ valeur caractéristique positive λ_{n+1}^+ du noyau* $N(x, y)$.

Dès lors, les théorèmes I, II, III et VI de M. Weyl s'appliquent sans changements aux noyaux symétrisables de genre fini : Le théorème IV doit être remplacé par le suivant :

Supposons que la première valeur caractéristique de $G(x, y)$ soit 1, ce que l'on peut toujours obtenir en multipliant par un facteur constant. *Entre les valeurs caractéristiques positives λ_n^+ et $\lambda_n''^+$ des noyaux*

$$N(x, y) \quad \text{et} \quad N''(x, y) = \int_a^b G(x, s)\, N(s, t)\, G(t, y)\, ds\, dt,$$

on a les inégalités

$$\frac{1}{\lambda_n''^+} = \frac{1}{\lambda_n^+}.$$

Si $h(x)$ est une fonction telle que

$$\int_a^b G(x, y)\, h(x)\, h(y)\, dx\, dy \leqq 1$$

([1]) *Comptes rendus*, t. **177**, 1923, p. 519.

([2]) *Mathematische Annalen*, t. **71**, 1912, p. 443 et suivantes.

et si l'on pose

$$H(x) = \int_a^b G(x, s) h(s) ds,$$

on a encore

$$\int_a^b G(x, y) H(x) H(y) dx dy = 1.$$

Par conséquent

$$\int_a^b N''(x, y) G(x, s) h(s) h(y) dx dy ds = \int_a^b N(x, y) G(x, s) H(s) H(y) dx dy ds \leq \frac{1}{\lambda_1^+},$$

et, en prenant pour $h(x)$ la solution fondamentale normée de $N''(x, y)$, correspondant à $\lambda_1''^+$, on a

$$\frac{1}{\lambda_1''^+} \leq \frac{1}{\lambda_1^+}.$$

L'inégalité générale s'obtient en appliquant le même raisonnement au noyau $N(x, y) - \sum_1^n \frac{\varphi_j^+(x) \psi_j^+(y)}{\lambda_j^+}$, dont la première valeur caractéristique est λ_{n+1}^+.

Le théorème fondamental de M. Weyl peut être établi aisément pour les noyaux symétrisables de genre *un* :

$$N(x, y) = \int_a^b H(x, s) G(s, y) ds.$$

Si $H(x, y)$ *et* $G(x, y)$ *sont des fonctions continues dans le carré d'intégration, ainsi que leurs dérivées premières, on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{n^3}{\lambda_n^2} = 0,$$

où λ_n *sont les valeurs caractéristiques du noyau* $N(x, y)$.

En effet, l'inégalité de Schwartz donne dans ce cas

$$\int_a^b \left[N(x, y) - \sum_1^n f_j(x) \int_a^b G(y, s) f_j(s) ds \right]^2 dx dy$$
$$\leq \text{const.} \times \int_a^b \left[H(x, s) - \sum_1^n f_j(x) f_j(s) \right]^2 dx ds.$$

En vertu du théorème fondamental de M. Weyl, le dernier facteur peut

être rendu, par un choix convenable des fonctions $f_j(x)$, inférieur à $\frac{(b-a)^2}{n^2}\varepsilon_n^2$. En second lieu, le premier membre est au moins égal à $\sum_{n+1}^{\infty}\frac{1}{\lambda_j^2}$, d'après le théorème III étendu aux noyaux symétrisables. Donc

$$\lim_{n=\infty} n^2 \sum_{n+1}^{2n} \frac{1}{\lambda_j^2} \leqq \lim_{n=\infty} n^2 \sum_{n+1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_j^2} \leqq \lim_{n=\infty} (b-a)^2 \varepsilon_n^2 = 0$$

(car ε_n est un infiniment petit), on en tire

$$\lim_{n=\infty} n^2 \frac{n}{\lambda_{2n}^2} \leqq \lim_{n=\infty} n^2 \sum_{n+1}^{2n} \frac{1}{\lambda_j^2} = 0,$$

ce qui est, à la notation près, la relation énoncée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les suites des fonctions analytiques.* Note ([1]) de M. J. **Priwaloff**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons une suite de fonctions analytiques

(1) $$f_1(z), \quad f_2(z), \quad \ldots, \quad f_n(z), \quad \ldots,$$

holomorphes dans le cercle $|z|<1$ et donnant chacune la représentation conforme biunivoque de ce cercle. Soit E un ensemble dénombrable quelconque de points, situé dans le cercle $|z|<1$ et admettant à l'intérieur de ce cercle au moins un point limite. Nous démontrons, dans ces conditions, que, *si une suite de fonctions* (1) *converge en tout point de l'ensemble* E, *elle converge uniformément dans tout cercle* $|z|\leqq\rho\,(0\leqq\rho<1)$.

Démonstration. — Nous pouvons supposer, sans diminuer la généralité de la démonstration, que le point $z=0$ fait partie de l'ensemble des points E.

Il suffit pour cela d'utiliser une transformation homographique sur z laissant invariable le cercle $|z|=1$ et amenant au point zéro un point a de E.

Par conséquent, nous pouvons supposer la convergence des nombres $f_n(0)$.

([1]) Séance du 2 janvier 1924.

Posons

$$\varphi_n(z) = \frac{f_n(z) - f_n(0)}{f'_n(0)}. \tag{2}$$

(Nous avons $f'_n(0) \neq 0$ à cause de la correspondance biunivoque.)

Les fonctions (2) vérifient évidemment les conditions suivantes :

1° $\varphi_n(z)$ sont holomorphes et biunivoques dans le cercle $|z| < 1$.

2° $\varphi_n(0) = 0$; $\varphi'_n(0) = 1$.

Soit r un nombre quelconque ($\rho < r < 1$) suffisamment voisin de 1, pour que le cercle $|z| < r$ contienne un point limite de l'ensemble E. En vertu du théorème de M. Kœbe [1], nous avons

$$|\varphi_n(z)| \leqq M \quad \text{pour} \quad |z| \leqq r,$$

où M dépend seulement de r. L'égalité (2) nous donne

$$|f_n(z)| \leqq |f'_n(0)| |\varphi_n(z)| + |f_n(0)| \leqq M |f'_n(0)| + |f_n(0)|, \tag{3}$$

où $|z| \leqq r$.

En vertu de la convergence de la suite des nombres $f_n(0)$, nous avons

$$|f_n(0)| < c_1.$$

Nous allons démontrer de plus que $|f'_n(0)| < c_2$.

En effet, dans le cas contraire, nous pourrions extraire de la suite des nombres $|f'_n(0)|$ une suite $|f'_{n_k}(0)|$, croissant indéfiniment avec k. L'égalité (2) entraîne la convergence vers zéro de la suite $\varphi_{n_k}(z)$ en tout point z de l'ensemble E.

Les fonctions $\varphi_{n_k}(z)$ étant uniformément bornées pour $|z| \leqq r$, nous savons d'après le théorème de M. Vitali [2] que la suite $\varphi_{n_k}(z)$ converge uniformément dans le cercle $|z| \leqq r' < r$ vers une fonction $\varphi(z)$, holomorphe à l'intérieur du cercle $|z| < r'$. On peut choisir r aussi voisin de 1 que l'on veut, donc la suite $\varphi_{n_k}(z)$ converge vers $\varphi(z)$ en tout point du cercle $|z| < 1$, et $\varphi(z)$ est holomorphe dans ce cercle. La fonction $\varphi(z)$, égale à zéro sur l'ensemble des points E, est identiquement nulle. Enfin, en vertu du théorème connu de Weierstrass, la suite des dérivées $\varphi'_{n_k}(z)$ converge vers zéro en tout point du cercle $|z| < 1$. Nous arrivons ainsi à une contradiction, car $\varphi'_{n_k}(0) = 1$.

---

[1] E. Landau, *Darstellung und Begründung einiger neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie*, 1916.

[2] Bieberbach, *Lehrbuch der Funktionentheorie.*

Donc nous avons démontré que $|f'_n(0)| < c_2$.

L'inégalité (3) nous donne

$$|f_n(z)| < \mathrm{M}c_2 + c_1 = \mathrm{K} \quad \text{pour} \quad |z| \leq r.$$

Donc la suite $f_n(z)$ est uniformément bornée pour $|z| \leq r$, de plus elle converge sur l'ensemble des points E, par hypothèse. Il en résulte, en appliquant le théorème de M. Vitali, que la suite $f_n(z)$ converge uniformément pour $|z| \leq \rho$.

Corollaire. — *La fonction limite $f(z)$ de la suite* (1) *est holomorphe et biunivoque à l'intérieur du cercle* $|z| < 1$.

La proposition démontrée peut être généralisée de la manière suivante :

Soit donnée une suite de fonctions analytiques

$$(\mathrm{I}) \qquad f_1(z), \quad f_2(z), \quad \ldots, \quad f_n(z), \quad \ldots,$$

holomorphes et biunivoques dans le domaine ([1]) D (à connexion simple ou multiple) et un ensemble *dénombrable* de points E, situé avec son point limite dans ce domaine. *Si la suite des fonctions* (I) *converge en tout point de l'ensemble* E, *alors elle converge uniformément dans tout domaine* D', *situé avec sa frontière à l'intérieur de* D.

En effet, supposons d'abord le domaine D simplement connexe et sa représentation conforme sur le cercle $|x| < 1$ réalisée par la fonction $z = \varphi(x)$. Les fonctions transformées $\mathrm{F}_n(x) = f_n[\varphi(x)]$ sont holomorphes et biunivoques dans le cercle $|x| < 1$ et elles convergent sur l'ensemble $\mathcal{E}$, transformé de E, qui est situé dans le même cercle. Il est évident que $\mathcal{E}$ a un point limité au moins à l'intérieur du cercle $|x| < 1$.

En vertu de la proposition démontrée, la suite $\mathrm{F}_n(x)$ converge uniformément dans tout domaine, appartenant avec sa frontière au cercle $|x| < 1$.

Par conséquent, la suite donnée des fonctions (I) convergera uniformément dans le domaine D'.

Ensuite en remarquant que tout domaine à connexion multiple peut être rendu simplement connexe à l'aide de coupures, nous voyons que le théorème est valable encore dans ce cas.

Corollaire. — *La fonction limite $f(z)$ de la suite $f_n(z)$ est holomorphe et biunivoque dans le domaine* D.

([1]) Les domaines sont toujours supposés ouverts.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier restreintes.* Note (¹) de M. **A. Zygmund**, présentée par M. Henri Lebesgue.

M. W.-H. Young appelle une série

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx, \tag{1}$$

$$\sqrt{a_n^2+b_n^2}=o(n^{\gamma}) \qquad (\gamma>-1) \tag{2}$$

série de Fourier restreinte (ou série R. F.) de classe p, de la fonction $f(x)$ intégrable L dans l'intervalle (α, β), si la série (1) peut être obtenue par la simple dérivation formelle terme à terme de la série de Fourier d'une fonction $F(x)$, qui est sur (α, β) p-uple intégrale de $f(x)$.

Désignons par $f^{\star}(x)$ une fonction définie sur $(0, 2\pi)$, égale à $f(x)$ pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$, et d'ailleurs intégrable L sur $(0, 2\pi)$ [pour fixer les idées, nous la supposerons nulle en dehors de l'intervalle (α, β)].

M. Young (²) a établi plusieurs propriétés des séries R. F. par des méthodes directes, assez compliquées. Dans cette Note, je me propose d'énoncer quelques propositions sur les séries R. F., parmi les conséquences desquelles se trouvent les résultats de M. Young. Les démonstrations de ces résultats s'obtiennent très aisément par l'application de la méthode de la multiplication formelle, esquissée dans les Notes de M. Rajchmann et les miennes (³).

Théorème I. — Pour que la série (1) soit une série R. F. de la fonction $f(x)$ sur (α, β) (on ne spécifie rien sur sa classe), il faut et il suffit que la condition suivante [que nous appellerons condition R (⁴)] soit remplie :

$$\lim_{r\to 1}\int_{\alpha_1}^{\beta_1} f(r, t)\,dt=\int_{\alpha_1}^{\beta_1} f(t)\,dt \qquad \text{(condition R)},$$

uniformément pour $\alpha+\eta \leqq \alpha_1 \leqq \beta_1 \leqq \beta-\eta$ (η positif arbitraire), $f(r, t)$ désignant une fonction harmonique relative à la série (1).

Théorème II. — Soit D la différence de la série (1) et de la série de

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) *Proc. of the London Math. Society*, 1916, 1917.

(³) *Comptes rendus*, 3 et 17 septembre, 1er octobre 1923.

(⁴) La condition R a été énoncée pour la première fois par M. M. Riesz [*Sur les séries de Dirichlet et les séries entières* (*Comptes rendus*, 22 novembre 1909)].

Fourier de $f^*(x)$ et soit $\overline{D}$ la série conjuguée à D. Cela posé, la condition R entraîne la sommabilité (C, γ) des séries D et $\overline{D}$ sur (α, β), la somme de la série D étant nulle. La sommabilité de D et $\overline{D}$ est uniforme dans $(\alpha + \eta, \beta - \eta)$.

Théorème III. — Si l'on remplace la condition (2) par celle-ci

$$(2a) \qquad \sqrt{a_n^2 + b_n^2} = o(n^\gamma) \qquad (\gamma > -1),$$

les séries D et $\overline{D}$ seront bornées (C, γ) sur (α, β) et même uniformément sur $(\alpha + \eta, \beta - \eta)$.

Les démonstrations de ces théorèmes et des résultats exposés dans mes deux Notes citées, avec plusieurs applications, seront publiées dans un autre Recueil.

Je profite de l'occasion pour attirer l'attention sur une erreur typographique qui s'est glissée dans ma Note du 1er octobre 1923 et qui a déjà été corrigée dans les Errata parus le 22 décembre 1923. Cette correction a malheureusement échappé à Mlle Nina Bary qui, dans sa Note du 3 décembre 1923, m'a attribué un énoncé beaucoup plus général que celui que j'avais obtenu. En réalité, mon énoncé n'est relatif qu'à une somme d'ensembles fermés; dans le cas où les coefficients tendent vers zéro, il équivaut à celui de Mlle Bary [1]. *La priorité de ce théorème revient à Mlle Bary.*

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les formes différentielles en Géométrie.* Note [2] de M. E. Cartan, présentée par M. Émile Borel.

Dans des recherches récentes de MM. G. Pick, W. Blaschke, J. Radon en géométrie affine [3], de M. Fubini en géométrie projective [4], ces auteurs ont cherché à caractériser une surface par deux formes différentielles généralisant les deux formes fondamentales de Gauss en géométrie euclidienne. Le problème, résolu complètement, dans l'espace des affinités *unimodulaires*, au moyen d'une forme quadratique et d'une forme cubique, ne l'est qu'en partie dans l'espace projectif, les deux formes, quadratique et

---

(1) La démonstration donnée par Mlle Bary et la mienne (obtenues indépendamment) sont presque identiques.

(2) Séance du 26 décembre 1923.

(3) *Leipziger Berichte*, t. 69, 1917, p. 107, 166; t. 70, 1918, p. 18, 91.

(4) Voir en particulier *Rend. Circ. Mat. Palermo*, t. 43, 1919.

cubique, de M. Fubini, ne le distinguant pas sur deux surfaces projectivement applicables.

La méthode du repère mobile introduit d'elle-même des formes différentielles de tous les degrés (¹); on peut donner de ces formes une interprétation géométrique simple et indiquer leur loi générale de formation. Je prendrai le cas d'une surface de l'espace projectif à trois dimensions, la généralisation à tous les cas possibles se faisant d'elle-même.

I. Prenons, en chaque point A de la surface (S), un système de coordonnées tétraédriques ayant le point A pour origine et le plan tangent en A pour plan des xy. L'équation de la surface, supposée analytique (²), rapportée au repère attaché à un point A quelconque, mais provisoirement fixé, peut être mise, en coordonnées non homogènes, sous la forme

$$z = \varphi_2(x, y) + \varphi_3(x, y) + \ldots + \varphi_p(x, y) + \ldots, \tag{1}$$

en désignant par φ_p un polynome entier et homogène de degré p. La substitution aux coordonnées courantes x et y, des expressions de Pfaff ω_1 et ω_2 qui représentent les valeurs de ces coordonnées pour un point A′ infiniment voisin de A, conduit à une suite de formes différentielles

$$\Phi_2(\omega_1, \omega_2), \quad \Phi_3(\omega_1, \omega_2), \quad \ldots, \quad \Phi_p(\omega_1, \omega_2), \quad \ldots.$$

A chaque choix du repère mobile est donc associée une suite de formes différentielles bien déterminées. La loi de formation de cette suite est donnée par les identités

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}
&\frac{\partial\varphi_2}{\partial x}\omega_1 + \frac{\partial\varphi_2}{\partial y}\omega_2 = x\omega_{13} + y\omega_{23},\\
&\frac{\partial\varphi_3}{\partial x}\omega_1 + \frac{\partial\varphi_3}{\partial y}\omega_2 = \bar{d}\varphi_2 + (\omega_{33} - \omega_{00})\varphi_2,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial x}\omega_1 + \frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial y}\omega_2\\
&\quad = \bar{d}\varphi_p + (\omega_{33} - \omega_{00})\varphi_p + (p-2)(\omega_{10}x + \omega_{20}y)\varphi_{p-1}\\
&\qquad + \frac{1}{2}\omega_{31}\frac{\partial}{\partial x}(\Sigma\varphi_\alpha\varphi_{p+1-\alpha}) - \frac{1}{2}\omega_{32}\frac{\partial}{\partial y}(\Sigma\varphi_\alpha\varphi_{p+1-\alpha})\\
&\qquad + \frac{1}{2}(p-2)\omega_{30}\Sigma(\varphi_\alpha\varphi_{p-\alpha}).
\end{aligned}\right.$$

(¹) Voir dans les *Annales de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, t. 37, 1920, le Chapitre III de mon Mémoire sur la déformation projective des surfaces où, à côté des deux formes de M. Fubini, se présente une forme biquadratique χ (p. 285) dont la signification géométrique n'est du reste pas autrement indiquée.

(²) Cette hypothèse n'est faite que pour la commodité de l'exposition.

On a désigné par ω_{ij} les composantes du déplacement infinitésimal du repère mobile ($\omega_{01} = \omega_1$, $\omega_{02} = \omega_2$). La notation $\overline{d}\varphi$ désigne la somme de deux quantités, la première provenant de la différentiation des *coefficients* de la forme φ, la seconde étant

$$-\frac{\partial\varphi}{\partial x}[x(\omega_{11}-\omega_{00})+y\,\omega_{21}]-\frac{\partial\varphi}{\partial y}[x\,\omega_{12}+y(\omega_{22}-\omega_{00})];$$

$\overline{d}\varphi$ est donc une sorte de *différentielle covariante.*

Les formules précédentes montrent d'elles-mêmes comment se modifient les formes Φ_p par un changement infiniment petit du repère mobile.

Elles fournissent donc tous les éléments pour le calcul des formes Φ et leur *normalisation*. On voit facilement que, si Φ_2 n'est pas dégénérée, toute normalisation des formes Φ_2, Φ_3 et Φ_4 entraîne celle de toutes les formes suivantes, de sorte que les formes Φ_2, Φ_3 et Φ_4 caractérisent complètement la surface.

II. La considération de l'équation *tangentielle* de la surface conduirait de même à des formes F_2, F_3, ..., en ω_{13} et ω_{23}, définies par des identités analogues à (2). Naturellement les formes F doivent pouvoir se déduire des formes Φ; on a en particulier

$$F_2 = \Phi_2, \qquad F_3 = -\Phi_3, \qquad F_4 = -\Phi_4 + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial\Phi_3}{\partial\omega_1}\frac{\partial F_3}{\partial\omega_{13}} + \frac{\partial\Phi_3}{\partial\omega_2}\frac{\partial F_3}{\partial\omega_{23}}\right).$$

III. Les formules (2) contiennent implicitement une *loi générale d'involution*. Considérons une ligne (C) tracée sur la surface (S) et l'enveloppe de la surface (Σ) définie en chaque point A de (C) par l'équation

$$z = \varphi_2(x, y) + \ldots + \varphi_p(x, y).$$

La caractéristique de (Σ) présente en A un point multiple d'ordre p dont les tangentes $\left(\frac{y}{x}\right)$ sont reliées à la tangente $\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)$ à la ligne (C) par la relation *involutive*

$$\omega_1\frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial x} + \omega_2\frac{\partial\varphi_{p+1}}{\partial y} = 0.$$

Le cas le plus simple est fourni ($p = 1$) par la propriété d'involution des tangentes conjuguées.

D'une manière générale, toute particularisation imposée *a priori* au repère mobile conduit à une ou plusieurs suites de formes différentielles, ainsi qu'à une loi générale d'involution, plus ou moins facile à formuler géométriquement.

IV. On peut généraliser les considérations pour une surface (S) plongée dans un espace à *connexion projective*. A tout choix du repère mobile est associée une équation de la forme (1) jouissant de la propriété suivante. Si l'on décrit sur (S) une ligne quelconque (L) et si l'on raccorde les espaces projectifs tangents aux différents points de (L) avec l'espace projectif tangent en un de ses points A, la ligne (L) devient, dans cet espace projectif, une ligne (L) *tracée sur la surface* (1). Les formules (2) ne sont plus des identités; elles ne sont valables que si l'on donne à x et y les valeurs ω_1 et ω_2; elles fournissent les formes Φ de proche en proche. Quant à la loi d'involution, *elle disparaît*; néanmoins, si l'espace est *sans torsion*, elle subsiste en ce qui concerne les tangentes conjuguées.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles de la première classe et les espaces abstraits*. Note de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Henri Lebesgue.

1. D'après les recherches de M. Lebesgue ([1]), tout ensemble F de la première classe est le produit (la partie commune) d'une infinité dénombrable d'ensembles ouverts (complémentaires aux ensembles fermés). Ces ensembles (produits dénombrables d'ensembles ouverts) sont nommés par M. Hausdorff *ensembles* G_δ; ils jouent un rôle fondamental dans l'Analyse contemporaine.

Ainsi tout ensemble mesurable est à un ensemble de mesure nulle près un ensemble G_δ; tout ensemble mesurable B [plus généralement, tout ensemble (A) de Souslin] est une projection orthogonale d'un G_δ (plan); l'ensemble des points de continuité d'une fonction arbitraire est toujours un G_δ; un ensemble est complémentaire à un ensemble de première catégorie (sur un ensemble parfait) s'il contient un G_δ dense sur le même ensemble parfait et seulement dans ce cas, etc.

Tous les ensembles dont il sera question peuvent être supposés situés dans l'espace euclidien à m dimensions, ou, d'une façon bien plus générale, dans un *espace métrique complet possédant un sous-ensemble dénombrable partout dense* [*classe* ($\mathfrak{D}$) *séparable* de M. Fréchet ([2])].

([1]) *Journal de Mathématiques;* 1905. Un ensemble F de première classe est défini par une égalité $f=a$, où a est une constante et f une fonction de la première classe de M. Baire.

([2]) Voir, par exemple, le Mémoire de M. Fréchet dans les *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 38, p. 341 et suiv.

Une classe ($\mathfrak{D}$), *ou espace métrique*, est une classe où la *distance* $\rho(a, b)$ entre

Le but de cette Note est d'élucider, dans ces conditions, la nature topologique des ensembles G_δ en les caractérisant d'une façon intrinsèque (c'est-à-dire ne faisant aucun usage de la partie restante de l'espace), et cela de deux manières différentes. Nous verrons en particulier que les ensembles G_δ ne sont topologiquement autre chose que les espaces complets eux-mêmes; *le théorème de Cauchy caractérise donc les ensembles* F *de la première classe de la même façon que le théorème de Bolzano-Weierstrass exprime la nature topologique des ensembles fermés et bornés* [qui ne sont que des classes ($\mathfrak{D}$) compactes en soi]. J'indiquerai seulement la marche générale des raisonnements; les démonstrations complètes (assez compliquées) paraîtront dans un autre Recueil.

Théorème I. — *Pour qu'un ensemble de points situé dans une classe* ($\mathfrak{D}$) *complète séparable soit un ensemble* G_δ, *il faut et il suffit qu'il soit homéomorphe à un espace complet.*

En tenant compte d'un théorème de M. Urysohn ([1]), on peut encore exprimer ce résultat comme il suit :

Pour qu'une classe ($\mathfrak{D}$) *séparable soit complète, il faut et il suffit qu'on puisse la transformer* (d'une façon bicontinue) *en un ensemble* G_δ *situé dans un espace métrique compact.*

Définitions auxiliaires. — 1° Soit E un espace métrique séparable ou un ensemble quelconque situé dans un tel espace. Le sous-ensemble G de E sera dit un *domaine de* E s'il ne contient aucun point-limite de l'ensemble $E - G$.

2° Un système dénombrable Σ de domaines de E, $V_1, V_2, \ldots, V_n, \ldots$ sera dit *système déterminant l'espace* (ou l'*ensemble*) E si tout domaine de E est la somme d'un certain agrégat de domaines V_n.

3° Un système déterminant $V_1, V_2, \ldots, V_n, \ldots$ s'appelle *clos* si, quelle

---

deux éléments (points de l'espace métrique) distincts est définie de façon que $0 < \rho(a, b) = \rho(b, a) \leqq \rho(a, c) + \rho(b, c)$, quel que soit le troisième point c. La distance une fois définie, la définition des *points limites* (*éléments d'accumulation*) est immédiate.

Un espace est *compact*, en soi, si tout ensemble infini y possède au moins un point limite.

Un espace est *complet* si parmi toutes les définitions de la distance qui n'altèrent pas la définition des éléments d'accumulation, l'une au moins admet une généralisation du théorème de Cauchy sur la convergence d'une suite.

([1]) *Les classes* ($\mathfrak{D}$) *séparables et l'espace Hilbertien* (*Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 65).

que soit la suite de domaines $V_{i_1}, V_{i_2}, \ldots, V_{i_k}, \ldots$ de ce système telle que V_{i_k} contient $V_{i_{k+1}}$, il y a des points appartenant au produit de tous les $\overline{V}_{i_k}$ (où $\overline{V}_i$ est la somme de V_{i_k} et de tous les points limites de V_{i_k} situés dans E).

4° Un système Π de domaines de E forme une *couverture dispersée* si, quel que soit le point ξ de E : (a) il est contenu dans au moins un domaine du système Π; (b) il existe un certain voisinage de ξ qui n'a des points communs qu'avec un nombre fini de domaines du système Π.

5° Un système déterminant Σ s'appelle *normal* si, quel que soit le système déterminant Σ_0 faisant partie de Σ, on peut en extraire une couverture.

Cela posé, le théorème I résulte, comme on l'apercevra facilement, du théorème suivant :

Théorème II. — *Pour que* E, *qui est :*

un ensemble situé dans une classe ($\mathcal{D}$) *complète soit un ensemble* G_δ *dans cet espace,*	*une classe* ($\mathcal{D}$) *séparable, soit complète,*

il faut et il suffit que l'on puisse, de tout système déterminant E, *extraire un système déterminant clos.*

Ce qui est le plus difficile dans la démonstration de ce théorème, c'est la suffisance de la condition pour les espaces complets (la nécessité résulte d'un théorème de M. Hausdorff, *Grundzüge der Mengenlehre*, p. 318); elle peut être démontrée à l'aide du lemme suivant :

Lemme. — *Il existe pour toute classe* ($\mathcal{D}$) *séparable un système déterminant normal.*

En s'appuyant sur ce lemme, on peut construire un système déterminant *clos* S tel que : 1° les domaines formant S se distribuent en une suite $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots$ de *couvertures dispersées;* 2° la suite des Π_n est une *chaîne complète régulière* [1]. Or, on peut se baser sur les systèmes Π_n pour introduire entre les points de l'espace donné une distance nouvelle de façon à obtenir une classe ($\mathcal{D}$) complète [2]. C. Q. F. D.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la recherche des ensembles homéomorphes.* Note de M. **M. Lavrentieff**, présentée par M. Henri Lebesgue.

On dit que deux ensembles sont homéomorphes, lorsqu'on peut établir entre leurs éléments une correspondance bicontinue, univoque et réci-

---

(1) Voir la Note de MM. Alexandroff et Urysohn, *Une condition nécessaire et suffisante* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1274).

(2) La définition de cette distance est plus compliquée, mais repose sur la même idée directrice que celle de la Note citée. La démonstration du fait qu'on obtient ainsi un espace complet repose sur la clôture du système déterminant S et sur ce que les Π_n sont des couvertures dispersées.

proque. La question se pose naturellement de savoir s'il est possible de déterminer une correspondance de même nature entre les points de deux ensembles *extrêmement simples*, contenant les ensembles donnés, cette correspondance coïncidant avec la première pour les points des deux ensembles donnés.

Je me propose de donner ici une réponse affirmative à cette question et je m'occuperai ensuite de quelques applications aux ensembles effectifs (nommables) connus jusqu'à présent. C'est à M. N. Lusin que je dois le principe du théorème fondamental.

I. *La recherche des ensembles homéomorphes.* — Nous ne considérons que les ensembles linéaires et nous utilisons les notations de M. Hausdorff : désignons par G l'ensemble de points formé par la réunion d'intervalles ouverts donnés; nous désignons par G_δ l'ensemble de points communs à une infinité dénombrable d'ensembles G.

Avec ces notations nous allons démontrer le théorème suivant :

Théorème fondamental. — *S'il existe une correspondance bicontinue, univoque et réciproque, entre deux ensembles linéaires appartenant à deux droites différentes, il est possible de déterminer une correspondance de même nature entre tous les points des deux ensembles* du type G_δ *enfermant les ensembles donnés, la seconde correspondance coïncidant avec la première pour les points des deux ensembles donnés*.

En effet, soient E et $\mathcal{E}$ les ensembles homéomorphes dont le premier est situé sur l'axe des x, le second sur l'axe des y. Soit $y = f(x)$ et $x = \varphi(y)$ une correspondance homéomorphe entre ces ensembles. La fonction $f(x)$ étant définie sur E, est continue en tout point de E par rapport à cet ensemble; la fonction $\varphi(y)$ possède les mêmes propriétés par rapport à l'ensemble $\mathcal{E}$. Prenons la réunion de E et de son dérivé E'; soit donc

$$F = E + E';$$

F est un ensemble fermé; d'une manière analogue soit $\mathcal{F} = \mathcal{E} + \mathcal{E}'$. Définissons sur F une fonction $f^*(x)$ égale *au minimum* de $f(x)$ en tout point x de F. La fonction $f^*(x)$ ainsi définie coïncide avec $f(x)$ pour les points de E; de plus elle est continue en tout point de E relativement à F. Soit E^* l'ensemble des points de continuité de $f^*(x)$, $E < E^* < F$. D'après un théorème connu, l'ensemble E^* est un ensemble du type G_δ. Formons de même une fonction $\varphi^*(y)$ et un ensemble $\mathcal{E}^*$ pour l'ensemble $\mathcal{F}$, $\mathcal{E} < \mathcal{E}^* < \mathcal{F}$. Soit E^{**} l'ensemble de points de E^* pour lesquels les valeurs de $f^*(x)$ sont contenues dans $\mathcal{E}^*$; on a $E < E^{**} < E^* < F$. Nous allons

déterminer le type de E^{**} : un ensemble de points de E^* pour lesquels les valeurs de $f^*(x)$ sont contenues dans un ensemble quelconque du type G, étant formé par la réunion des portions de E^*, est du type G_δ; donc l'ensemble $\mathcal{E}^*$ étant du type G_δ, nous en conclurons que E^{**} l'est aussi. De même, soit $\mathcal{E}^{**}$ un ensemble de points y de $\mathcal{E}^*$ pour lesquels on a $\varphi^*(y) < E^*$; nous avons $\mathcal{E} < \mathcal{E}^{**} < \mathcal{E}^* < \mathcal{J}$; $\mathcal{E}^{**}$ est du type G_δ. Nous allons démontrer que les ensembles E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$ vérifient le théorème proposé.

Il suffit de montrer que les équations $y = f^*(x)$ et $x = \varphi^*(y)$ donnent une correspondance homéomorphe entre E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$. Soit, en effet, x_0 un point de E^{**}. D'après la définition de E^{**} le point $y_0 = f^*(x_0)$ est contenu dans $\mathcal{E}^*$, donc le point y_0 est un point de continuité de la fonction $\varphi^*(y)$. D'autre part le point x_0 est un point de continuité de $f^*(x)$. Il en suit sûrement que $\varphi^*(y_0) = x_0$, donc x_0 étant contenu dans E^*, y_0 est contenu dans $\mathcal{E}^{**}$. Des raisonnements tout semblables montrent que, si y_1 est un point de $\mathcal{E}^{**}$, le point $x_1 = \varphi^*(y_1)$ est contenu dans E^{**} et $f^*(x_1) = y_1$. Donc les équations $y = f^*(x)$ et $x = \varphi^*(y)$ établissent une correspondance univoque et réciproque entre E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$; d'ailleurs, c'est cette correspondance qui est bicontinue, en vertu de la continuité des fonctions $f^*(x)$ et $\varphi^*(x)$, respectivement sur E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$, ce qui prouve la proposition.

L'ensemble complémentaire de G_δ étant F_δ, nous en déduisons le corollaire suivant :

Corollaire. — *Si deux ensembles sont homéomorphes, les deux ensembles complémentaires le sont aussi, à deux ensembles F_σ près.*

2. *Application aux types de M. Hausdorff.* — Rappelons l'échelle des symboles de M. Hausdorff. Nous avons déjà défini les ensembles de types G, F, G_δ et F_σ; les sommes (produits) dénombrables des ensembles $G_\delta(F_\sigma)$ forment les ensembles du type $G_{\delta\sigma}(F_{\sigma\delta})$. En général, les sommes (produits) des ensembles $G_{(\delta\sigma)^n\sigma}$ et $F_{(\sigma\delta)^n}$ [$G_{(\delta\sigma)^n}$ et $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$] forment respectivement les ensembles de types $G_{(\delta\sigma)^{n+1}}$ et $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$ [$G_{(\delta\sigma)^n\delta}$ et $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$].

Avec ces notations nous allons démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *L'ensemble homéomorphe à un ensemble d'un type déterminé est du même type.*

Pour les ensembles des types F, G et F_σ la proposition est élémentaire [1]. Appliquons le théorème fondamental au cas général [2].

---

[1] Pour les ensembles des types F et F_σ la démonstration est immédiate. Pour les ensembles du type G la proposition a été démontrée par M. Brouwer (*Math. Ann.*, t. 71, 1912).

[2] M. Sierpinski a démontré ce théorème pour les ensembles des types $G_{(\delta\sigma)^n}$

La chose est vraie pour les ensembles du type $F_\sigma = F_{(\sigma\delta)^0\sigma}$. Supposons la proposition vraie pour $F_{(\sigma\delta)^n\delta}$ et étendons-la aux $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$ et $F_{(\sigma\delta)^{n+1}\sigma}$.

Soit E un ensemble du type $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$ et soit $\mathcal{E}$ homéomorphe à E. Prenons, d'après le théorème fondamental, les ensembles E^{**} et $\mathcal{E}^{**}$. En vertu de la définition des ensembles $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$, on a $E = E_1 E_2 \ldots E_k \ldots$, où $E_k (k = 1, 2, 3, \ldots)$ sont des ensembles du type $F_{(\sigma\delta)^n\delta}$. L'ensemble E étant contenu dans E^{**}, nous avons $E = (E^{**}E_1)(E^{**}E_2)\ldots(E^{**}E_k)\ldots$.

Si nous avons $n \geqq 1$, les ensembles $(E^{**}E_k)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ sont du type $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$, donc à l'ensemble $(E^{**}E_k)$ correspond un ensemble déterminé, soit $\mathcal{E}_k$, du type $F_{(\sigma\delta)^n\sigma}$; or le produit des $\mathcal{E}_k$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ est $\mathcal{E}$, donc $\mathcal{E}$ est du type $F_{(\sigma\delta)^{n+1}}$. *Si nous avons* $n = 0$, à l'ensemble $(E^{**}E_k)$ correspond $(\mathcal{E}^{**}\mathcal{E}_k)$, où $\mathcal{E}_k$ est un ensemble du type F_σ, car au produit de $\mathcal{E}^{**}$ et d'un ensemble du type F (fermé) correspond le produit de $\mathcal{E}^{**}$ et d'un ensemble fermé; mais les produits des $(\mathcal{E}^{**}\mathcal{E}_k)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ est $\mathcal{E}$, donc $\mathcal{E}$ est du type $F_{\sigma\delta}$.

La démonstration pour les ensembles du type $F_{(\sigma\delta)^{n+1}\sigma}$ est immédiate.

Des raisonnements tout semblables démontrent la proposition pour les ensembles des types $G_{(\delta\sigma)^n}$ et $G_{(\delta\sigma)^n\delta}$.

On peut sans peine étendre les symboles de M. Hausdorff aux ensembles mesurables B des classes transfinies [1]. Pour ces symboles le théorème reste exact, la démonstration étant toute semblable.

3. *Application aux ensembles complémentaires des ensembles* $(\mathcal{A})$ [2]. — On sait, d'après les raisonnements élémentaires, qu'un ensemble homéomorphe à un ensemble $(\mathcal{A})$ est un ensemble $(\mathcal{A})$. D'après le corollaire du théorème fondamental nous déduisons : *tout ensemble homéomorphe à un ensemble complémentaire d'un ensemble* $(\mathcal{A})$ *est un ensemble de même nature* [3].

---

et $G_{(\delta\sigma)^n\sigma}$ (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 24). M. Mazurkiewicz l'a établi pour les ensembles du type $F_{\sigma\delta}$ (*Fund. Math.*, t. 2).

(1) Pour les symboles G cela a été fait par M. Sierpiński (*loc. cit.*, p. 24).

(2) On consultera pour la définition et les propriétés des ensembles $(\mathcal{A})$ les Notes de Souslin et M. N. Lusin (*Comptes rendus*, t. 164).

(3) Ce théorème a été démontré par M. Alexandroff (*Fund. Math.*, t. 5).

AVIATION. — *Sur l'emploi des fluctuations horizontales du vent par les oiseaux voiliers.* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Lecornu.

Le voilier, oiseau ou aéroplane sans moteur — en l'absence d'un vent ascendant ou d'une variation de la hauteur — ne dispose que d'une seule source d'énergie utilisable, c'est sa force vive par rapport à l'air

$$W = \frac{1}{2} m \beta^2.$$

Pour se soutenir et pour avancer, le voilier dépense cette énergie en perdant de la vitesse relative β.

Si pendant dt, la vitesse du vent a varié (géométriquement) de dv, si γ est l'angle de dv avec $-\beta$, et *si le voilier n'a rien dépensé*, la vitesse relative a varié de $d\beta = dv \cos\gamma$, et par conséquent l'énergie disponible a varié de

$$dW = m \beta \, dv \cos\gamma. \tag{1}$$

Il en résulte immédiatement que la théorie de Langley, dite théorie des « montagnes russes », est inacceptable, car $\cos\gamma$ étant tantôt positif, tantôt négatif, l'énergie moyenne captée est nulle ou presque nulle.

Suivant la théorie du « vent louvoyant » [2], l'oiseau avançant transversalement à la variation du vent, avec une vitesse relative β convenable, reçoit cette variation alternativement par les deux ailes en changeant leur orientation (angle d'attaque), de façon qu'il y ait toujours une poussée sustentatrice. Cette théorie est aussi inacceptable; j'ai montré, en effet [3], que l'énergie captée dans ce cas, calculée à l'aide de la formule (1), est insuffisante pour le vol.

La théorie formulée par M. Nordmann dans deux Notes récentes [4] est analogue à la précédente, avec cette différence péjorative que l'oiseau vole dans la direction de la variation du vent, recevant celle-ci tantôt par l'avant, tantôt par l'arrière.

Dans ces conditions, l'oiseau n'a, par rapport à l'air, que la faible vitesse résultant des variations de la vitesse de l'air et s'annulant dans chaque demi-

---

(1) Séance du 2 janvier 1924.

(2) Alexandre Sée, *Les lois expérimentales de l'aviation.*

(3) *Journal de Physique*, mai 1913.

(4) *Comptes rendus,* t. 177, 1923, p. 446 et 944.

période de cette vitesse. Cette circonstance (β petit) rend la dépense totale d'énergie (sustentation et pénétration) beaucoup plus grande que dans le cas précédent, et, comme l'énergie captée est la même, la théorie de M. Nordmann est encore moins acceptable que celle de M. Sée. M. Nordmann invoque bien à l'appui de son hypothèse la résistance de l'air, supplémentaire et inconnue, qui se produit du fait de l'accélération, mais même si cette influence était appréciable pour les accélérations habituelles du vent, elle s'exercerait tantôt dans un sens favorable, tantôt dans un sens contraire, son effet moyen ne peut être que négligeable.

Mais les deux théories précédentes ne sont guère acceptables physiologiquement. En effet, le corps et les ailes des oiseaux sont adaptés pour voler face au vent relatif (attaque de front). C'est pour cette seule direction du vol, que le coefficient K' de pénétration est de beaucoup plus petit, le coefficient de sustentation K de beaucoup plus grand et l'énergie totale dépensée de beaucoup plus petite que pour toute autre direction. Dans la théorie du « vent louvoyant » le vol s'écarte peu de la direction optimum, mais dans celle de M. Nordmann l'oiseau arrive à voler directement à « rebrousse-plume », ce qui me paraît, *a priori*, inacceptable.

La conclusion directe de la formule (1) est la suivante :

La manœuvre qu'un voilier doit exécuter pour utiliser les fluctuations du vent, c'est de garder $\cos\gamma$ *constamment positif, en décrivant les orbes nécessaires pour voler toujours dans un sens contraire à celui de l'accélération du vent. De plus, il attaquera toujours de front et gardera à la vitesse relative une valeur voisine de celle qui rend minimum l'énergie dépensée.*

Dans sa dernière Communication, M. Nordmann objecte à mes conclusions qu'elles reposent sur des formules de la résistance de l'air trop élémentaires. Cette objection n'est nullement fondée; la formule (1) est complètement indépendante de toute formule ou hypothèse concernant la résistance de l'air.

Une autre objection tout aussi peu justifiée, c'est que les accélérations du vent changent de sens plusieurs fois par minute et que les orbes réellement décrites par les oiseaux voiliers durent beaucoup plus longtemps que ces fluctuations du vent. Cette observation prouve seulement que, à cause de leur masse relativement considérable et conformément en cela à la théorie : *les voiliers n'utilisent pas, pour le vol à voile, les fluctuations rapides du vent.*

D'ailleurs si les oiseaux volaient suivant la théorie de M. Nordmann, on les verrait — ce qui n'a pas été observé — osciller fortement dans le sens vertical, car ils doivent forcément tomber à chaque annulation de β.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'étude aérodynamique des ailes d'oiseaux et des voilures souples.* Note [1] de MM. E. **Huguenard**, A. **Magnan** et A. **Planiol**, présentée par M. Rateau.

L'étude aérodynamique des voilures quasi indéformables des avions usuels se résume habituellement par la détermination des deux coefficients c_x et c_z de résistance et de portance en fonction de l'angle d'incidence i de la surface étudiée avec la direction du vent.

Si l'aile est souple, les coefficients c_x et c_z sont fonctions, non seulement de l'incidence i, mais encore de la vitesse V du vent par rapport à l'aile, vitesse qui la déforme plus ou moins. L'étude complète d'une telle surface conduira donc, non plus à une polaire, mais à une famille de polaires correspondant chacune à une valeur déterminée de la vitesse. Une difficulté très grave se présente alors si l'on veut faire l'étude sur un modèle réduit, car il faudra réaliser une maquette fléchissant exactement de la même manière que l'aile sous la même vitesse ou sous telle vitesse reliée à la vitesse d'utilisation réelle par une loi de similitude admise. Or, on ne connaît pas *a priori* la répartition des efforts exercés par le vent sur l'aile, sans quoi l'étude serait inutile. Il est donc impossible d'opérer sur un modèle réduit et il faut utiliser le vent naturel à l'étude aérodynamique des surfaces souples en vraie grandeur.

Nous avons imaginé un procédé permettant cette étude malgré la variabilité du vent et fournissant en même temps la solution du problème de l'étude des surfaces souples ou fixes dans un vent irrégulier.

L'avion est suspendu à un portique par trois fils verticaux AB, CD, EF (*fig.* 1), fixés chacun, à leur partie supérieure, à un ressort et, à leur partie inférieure, les deux premiers au bord d'attaque en deux points des ailes, le troisième à la queue. Des points B et D partent, dans le plan vertical ABCD, deux autres fils BG et DG qui sont reliés à un dynamomètre placé en G. Du point F part un fil vertical FH qui s'attache en H à un autre dynamomètre. Ces deux dynamomètres G et H mesurent deux composantes verticales de la portance. En B et D s'attachent aussi deux fils horizontaux BI et DJ reliés à des dynamomètres servant à mesurer la résistance. Enfin un fil horizontal FK, tiré par un contrepoids vers l'arrière,

---

[1] Séance du 2 janvier 1924.

sert à raidir tout le système des fils. L'ensemble est ainsi suffisamment rigide pour que toutes les mesures s'effectuent sans déformation sensible. L'incidence de l'aile peut être modifiée en déplaçant ses points d'attache sur le système funiculaire qui reste invariable.

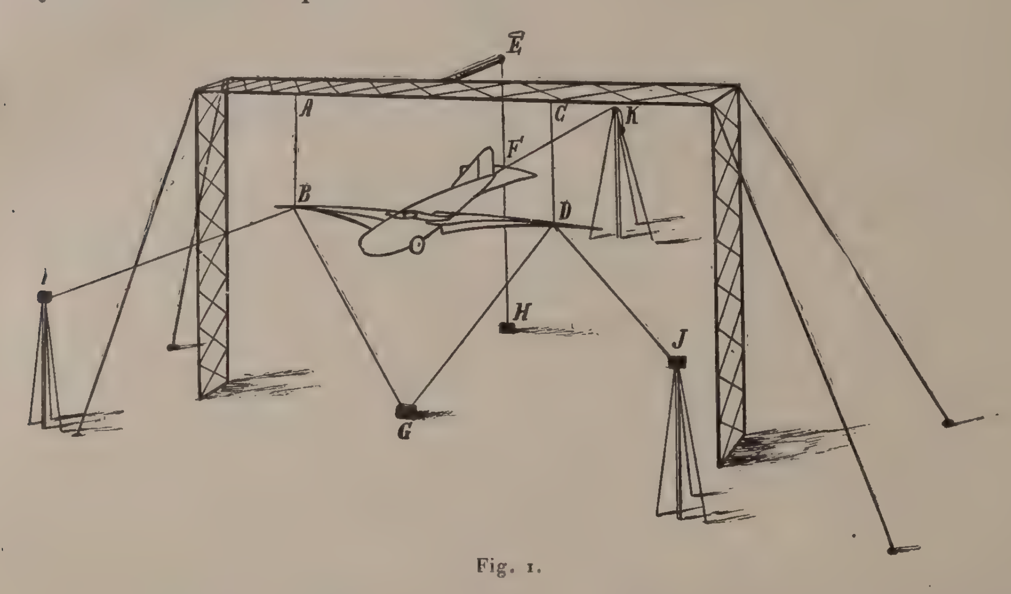


Fig. 1.

Les appareils de mesure comprennent : 1° des dynamomètres à piston à transmission liquide à haute pression reliés à un manomètre à enregistrement photographique qui permettent l'inscription, dans de bonnes conditions, des variations des efforts dont la durée est voisine d'un dixième de seconde, appareils utilisés par l'un de nous depuis 1917 à la mesure des poussées exercées sur des projectiles par un courant d'air à très grande vitesse (500 m : s) [1]; 2° des anémomètres à fil chaud à compensation susceptibles de suivre aisément les variations de la vitesse du vent d'une durée d'un dixième de seconde [2]; 3° des indicateurs de la direction instantanée du vent, à fils chauds, de même période que les anémomètres [3].

Ce dispositif peut recevoir quelques modifications pour lui permettre d'effectuer des mesures sur des oiseaux de grande envergure et de

---

[1] HUGUENARD et SAINTE-LAGÜE, *Laboratoire aérodynamique à grande vitesse* (*Rapports*), 27 octobre et 15 décembre 1917.

[2] HUGUENARD, MAGNAN et PLANIOL, *Sur un anémomètre à fil chaud à compensation* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 287).

[3] HUGUENARD, MAGNAN et PLANIOL, *Sur un appareil donnant la direction instantanée du vent* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 663).

rechercher si les qualités aérodynamiques des ailes d'oiseaux morts peuvent être comparées à celles des voilures artificielles souples ou rigides et restent comparables à leurs propriétés vivantes déduites du vol.

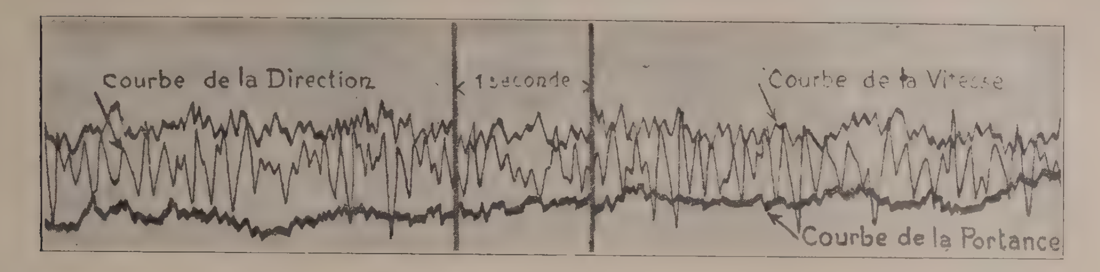


Fig. 2.

Les mesures s'effectuent en enregistrant simultanément : 1° les efforts horizontaux et verticaux dus au vent; 2° la vitesse instantanée du vent; 3° les passages simultanés du vent par l'horizontale et la direction normale au bord d'attaque de l'aile.

A titre d'exemple, la figure 2 représente l'enregistrement obtenu en plaçant dans le vent d'une hélice une maquette d'aile dont le bord d'attaque seul était relié à un dynamomètre à piston qui mesurait la composante de la portance, passant par le bord d'attaque. Sur la même bande se trouvent enregistrées aussi la vitesse instantanée du courant d'air et sa direction instantanée dans le plan vertical perpendiculaire au bord d'attaque. Les valeurs instantanées de la portance et de la résistance, quand elle est inscrite, sont fournies par les points des enregistrements qui sont sur les ordonnées passant par les intersections de la courbe de la direction du vent avec la droite des inclinaisons nulles.

Pour une incidence donnée, on obtient ainsi les valeurs de c_x et c_z en fonction de la vitesse V du vent. En changeant l'incidence et en faisant chaque fois un enregistrement dans les mêmes conditions que précédemment, on détermine la nouvelle série des valeurs de c_x et c_z en fonction de V correspondant à la nouvelle incidence. Avec un nombre suffisant d'enregistrements, une douzaine par exemple, on a la famille de polaires de l'aile.

La comparaison des résultats acquis pour des variations lentes de la vitesse du vent et de ceux que donnent des variations plus rapides fournit des indications sur la durée d'établissement du régime d'écoulement de l'air autour de l'aile. L'intégration des efforts supportés par l'aile entre deux époques convenablement choisies permet d'étudier l'effet d'un vent variable,

en grandeur et en direction, sur l'aile souple. La méthode s'applique sans modification à des ailes ou à des avions rigides et autorise d'intéressantes comparaisons avec les essais de modèles réduits en soufflerie.

RELATIVITÉ. — *Sur la déviation einsteinienne des rayons lumineux par le Soleil.* Note (¹) de M. **Ernest Esclangon.**

Peut-on actuellement considérer comme établie astronomiquement la loi théorique d'Einstein concernant la déviation des rayons lumineux par le Soleil ?

Les observations de l'éclipse de 1922 par MM. Campbell et Trumpler, observations dignes d'une grande admiration par le soin extrême avec lequel elles furent exécutées, ne permettent de conclure, à notre avis, ni dans le sens de l'affirmative, ni dans le sens de la négative.

D'après la relativité, la déviation s'exprime par la formule analytique simple $d = \frac{a}{r} = \frac{1'',74}{r}$ (r distance au centre du Soleil, en rayons solaires) contenant une seule constante a. La vérification doit consister à montrer que les observations : 1° sont conformes à la loi analytique de variation ; 2° que la constante a à laquelle elles conduisent est bien celle d'Einstein.

Examinons maintenant le résultat des observations de MM. Campbell et Trumpler.

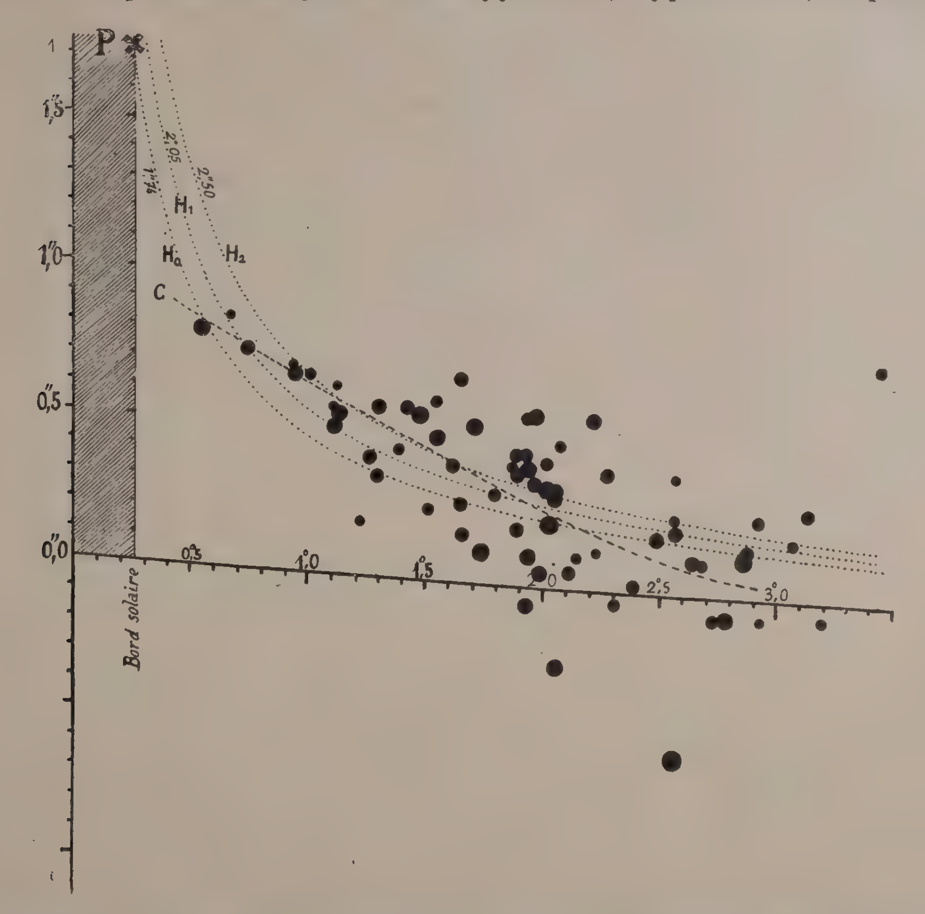
Sur la figure on a porté en abscisses les distances r au centre du Soleil; en ordonnées les déviations mesurées (²). Le diamètre des petits disques noirs est proportionnel au poids des observations qu'ils représentent. Admettons que les déviations mesurées correspondent bien à une réalité et non à quelque effet systématique tenant aux instruments ou à une déformation du cliché pendant la pose, le développement, le séchage (³), etc.

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

(²) Sur les déviations portées en ordonnées, on a fait les corrections fournies par les plaques de contrôle obtenues en photographiant un champ stellaire auxiliaire. La faible obliquité des axes de coordonnées provient de la légère différence d'échelle entre les photographies du champ stellaire de l'éclipse obtenues pendant l'éclipse et en dehors de l'éclipse.

(³) Les diverses parties de la plaque étant, pendant l'éclipse, très inégalement impressionnées à partir du bord solaire (couronne), il est à redouter que le développement et le séchage n'introduisent des effets systématiques radiaux. Peut-être est-il regrettable que l'image d'un réseau n'ait pas été préalablement fixée sur les clichés ainsi qu'on le fait pour la Carte du Ciel.

I. Dire que ces observations s'accordent avec la loi analytique $d = \frac{a}{r}$ c'est regarder comme établi que la courbe *naturellement* définie par l'ensemble des points de la figure est une hyperbole (l'hyperbole H_0), laquelle,



extrapolée, doit en outre passer par le point P, représentant la déviation sur le bord solaire. L'aspect de la figure ne permet manifestement pas de tirer semblable conclusion.

Dans l'*intervalle* ($r = 32'$ $r = 3°30'$) où il existe des observations, *ces* observations seraient plus naturellement représentées par une courbe telle que C, éloignée de la forme hyperbolique et ayant quelque analogie avec une courbe de réfraction. Mais, étant donnée la *dispersion* considérable des points expérimentaux, d'*autres* observations *pourraient* conduire à des résultats géométriquement très différents.

II. Admettons que la *représentation hyperbolique* soit légitime, ou, ce qui

est plus exact, faisons *spéculativement* cette hypothèse [1]. On peut calculer alors la valeur la plus probable à donner au paramètre a que contient cette représentation. Le calcul a été fait par MM. Campbell et Trumpler ; on trouve $a = 2'',05$ au lieu de $1'',74$. L'hyperbole H_1 de la figure exprime cette représentation. On ne peut attacher une grande signification à ce résultat en raison de la grande dispersion des points représentatifs, par conséquent de la grande valeur des résidus dont *beaucoup* sont supérieurs aux quantités à représenter. En outre, la région des points-observations obtenus est peu sensible dans le calcul de la constance a. En d'autres termes, une faible erreur dans l'évaluation des déviations mesurées entraîne des variations considérables dans la détermination du paramètre a, par cette voie algébrique particulière que l'aspect de la figure doit faire regarder comme purement spéculative.

On ne saurait donc dire, même avec cette hypothèse de représentation hyperbolique, que les observations conduisent bien à la constante d'Einstein $a = 1'',74$.

La conclusion sincère à tirer, est que *ces* observations sont encore impuissantes à élucider la question posée. Elles *ne confirment ni n'infirment* la loi de déviation d'Einstein. Elles semblent indiquer seulement, si l'on peut écarter vraiment toute hypothèse d'erreurs systématiques, l'existence de déviations au voisinage du Soleil sans qu'on puisse en fixer la loi, ni l'exacte grandeur au bord solaire. En outre il est possible, sinon même probable, qu'elles résultent de la superposition de phénomènes distincts : réfraction dans l'atmosphère solaire ; réfraction cosmique de Courvoisier assez mal connue, de l'ordre de $0'',5$ à quelques degrés du Soleil, de quelques dixièmes de seconde peut être encore, à 50° de cet astre ; enfin déviation einsteinienne.

La question reste donc en suspens. Si l'on en juge par le soin avec lequel ont été préparées et réalisées les observations de MM. Campbell et Trumpler, on voit qu'elle comporte de grandes difficultés, peut-être insurmontables même, en ce qui concerne la *discrimination* de l'effet de relativité. Dans

---

[1] On pourrait étant donné l'aspect de la figure, tout aussi légitimement, plus légitimement même, en faire d'autres ; représenter les résultats par $d = \alpha + \beta r + \gamma r^2$, ou $d = \frac{\alpha}{r^2} + \frac{\beta}{r}, \ldots$.

Ces représentations seront d'autant meilleures qu'elles contiendront plus de paramètres ; mais elles seront toutes mauvaises, en raison de la grande dispersion des points-observations.

tous les cas, de nombreuses et nouvelles observations d'éclipses, venant s'ajouter à celles déjà acquises, paraissent nécessaires et désirables pour traiter le problème sur des bases de plus en plus solides et plus sûres.

RADIATIONS. — *Les variations de longueur d'onde des rayons X par diffusion et la loi de Bragg*. Note (1) de MM. **E. Friedel** et **F. Wolfers**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente (2), l'un de nous avait cherché quelles conséquences pouvait avoir, quant à la réflexion par les cristaux et la spectrographie des rayons X, le phénomène découvert par A.-H. Compton (changement de longueur d'onde par diffusion).

Dans sa dernière publication du mois dernier (3), M. Compton admet que, dans les cristaux généralement utilisés pour les mesures de longueur d'onde, *les électrons sont trop fortement liés pour donner lieu au phénomène* qu'il avait mis en évidence dans des corps de faible poids atomique : cela rend sans objet les considérations énoncées dans la Note en question. Cependant, nous croyons nécessaire de rectifier une erreur qui s'y était glissée et qui modifie la conclusion que l'on en devait tirer quant aux phénomènes du second ordre : Il n'est pas possible d'en tirer une explication des écarts entre la formule de Bragg et les résultats d'observation.

Si l'on développe le calcul *sans faire d'approximation*, on aboutit à l'équation

$$\lambda_i = -\frac{\Delta\lambda}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\Delta\lambda^2 + \frac{8a^2}{K^2}\sin^2\alpha\left(1+\sqrt{1+\frac{K^2\Delta\lambda^2}{4a^2\sin^4\alpha}}\right)}$$

(λ_i, longueur d'onde incidente; $\Delta\lambda$, variation de la longueur d'onde par diffusion; a, équidistance; K, ordre de la réflexion; 2α, angle mesuré entre le prolongement du rayon incident et le rayon réfléchi).

Si l'on néglige les termes en $\Delta\lambda^4$, cette équation donne la solution approchée

$$\lambda_i = \frac{2a}{K}\sin\alpha\left[1 - \frac{K\,\Delta\lambda}{4a\sin\alpha} + \frac{K^2\Delta\lambda^2(1+\sin^2\alpha)}{32\,a^2\sin^4\alpha}\right].$$

D'où finalement, pour la correction $\delta\lambda$ qu'il faut retrancher de la valeur

(1) Séance du 2 janvier 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 759.

(3) *Phil. Mag.*, t. 46, 1923, p. 897.

de λ tirée de la loi de Bragg pour en déduire λ_i,

$$\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{2} - \frac{K(1 + \sin^2\alpha)\,\Delta\lambda^2}{16\,a\,\sin^3\alpha}.$$

En portant dans cette formule les valeurs de $\Delta\lambda$ données par M. Compton ($\Delta\lambda = 0{,}0484 \sin^2\alpha$) on obtient des écarts qui, loin de correspondre à ceux qui ont été observés, sont à peu près du même ordre de grandeur mais *de signe contraire*. Il y a plus : pour que l'on puisse expliquer par un changement de longueur d'onde lors de la diffusion dans le cristal les écarts observés, il faudrait que ce changement consistât :

Soit en une augmentation de longueur d'onde qui, contrairement à la formule de Compton, décroîtrait quand l'angle α croît;

Soit en une diminution, d'autant plus forte que l'angle α serait plus grand.

Ces deux hypothèses paraissent d'ailleurs aussi difficilement admissibles l'une que l'autre. Ce n'est donc très probablement pas par l'hypothèse d'un changement de longueur d'onde par diffusion que l'on arrivera à interpréter les écarts en question, en admettant qu'ils ne correspondent pas à des causes d'erreur qui auraient échappé à l'attention des expérimentateurs.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les hauteurs dans le spectre-éclair des raies de résonance et des raies ultimes des éléments ayant plusieurs systèmes de séries.* Note [1] de M. F. **Croze**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente [2], j'ai fait remarquer que les raies de résonance des spectres qui comprennent plusieurs systèmes de séries ne sont en même temps les raies ultimes de ces spectres que si elles correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à un même système de séries. Il est nécessaire de tenir compte de ce fait pour interpréter, suivant les principes de la théorie de Saha, les observations sur les hauteurs dans le spectre-éclair des raies de résonance des divers éléments.

Depuis les travaux de Saha, on sait que le degré d'ionisation des gaz et des vapeurs de l'atmosphère solaire doit augmenter à mesure que l'on considère des couches atmosphériques de plus en plus élevées, dans lesquelles

---

[1] Séance du 2 janvier 1924.

[2] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1285.

par conséquent la pression est de plus en plus faible. Pour un élément chimique dont l'ionisation, incomplète dans les régions les plus basses de la couche renversante, peut devenir complète dans les régions élevées de la chromosphère, on doit dès lors diviser l'atmosphère solaire en deux couches principales : une couche basse qui contient des atomes neutres de l'élément chimique considéré, une couche élevée qui contient seulement des atomes ionisés.

Les *raies d'arc* de cet élément ne s'élèveront donc pas plus haut que la limite supérieure de la courbe la plus basse, puisqu'elles sont dues aux atomes neutres. Comme d'ailleurs la proportion de ces atomes neutres devient de plus en plus faible à mesure qu'on s'élève, celles de ces raies d'arc qui monteront le plus haut seront naturellement celles que M. de Gramont a appelées les *raies ultimes* (¹).

Mais on a souvent considéré [Saha (²), Russell (³)] que ces raies ultimes, qui doivent fournir le procédé le plus sensible pour savoir jusqu'à quelle hauteur de l'atmosphère solaire on trouve encore des atomes neutres des divers corps présents dans le Soleil, ne sont autres que les raies de résonance de ces corps. C'est bien en effet, d'après les observations de Mitchell (⁴), ce qui se trouve réalisé dans tous les cas où les raies de résonance d'un élément correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à un même système de séries. C'est ce qu'on a observé en particulier sur le spectre d'arc du chrome, dont les raies de résonance sont les trois raies du premier triplet $1s - 2p_i^a$ ($\lambda\lambda$ 4254,3 ; 4274,8 ; 4289,7) de l'une des séries principales que contient ce spectre. De toutes les raies d'arc du chrome, ce sont ces trois raies qui sont les plus persistantes d'après M. de Gramont, et qui, d'après Mitchell, s'élèvent le plus haut dans l'atmosphère solaire.

Les choses se passent tout autrement quand les raies de résonance correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents : c'est ce que montre l'examen des spectres d'arc du magnésium et du manganèse.

Comme tous les corps de la colonne II du tableau périodique, le magné-

---

(¹) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. **150**, 1910, p. 37.

(²) Meg Nad Saha, *Phil. Mag.*, 6ᵉ série, t. **41**, 1920, p. 275; *Proc. Roy. Soc.*, A. 99, 1921, p. 147.

(³) N.-H. Russell, *AP. J.*, t. 55, 1922, p. 354.

(⁴) S.-A. Mitchell, *AP. J.*, t. **38**, 1913, p. 407-495.

sium a pour raie de résonance une raie de symbole $IS - 2p_2$, combinaison entre le terme IS d'un système de séries de raies simples et le terme $2p_2$ qui appartient à un système de séries de triplets. Cette raie, bien connue, a pour longueur d'onde λ4571 A; contrairement à ce qui arrive pour les raies de résonance des autres métaux de la colonne II, elle se trouve donc dans une région du spectre solaire commodément observable; il est même assez étonnant que Saha ait pu écrire que cette raie « se trouve dans la région du spectre que notre atmosphère absorbe » [1]. Elle figure d'ailleurs parmi les raies dont la hauteur dans le spectre-éclair a été mesurée par Mitchell. Mais, alors que Mitchell a obtenu des hauteurs égales respectivement à 1200^{km}, 1000^{km} et 700^{km} pour les trois raies du triplet (*b*) de symbole $2p_i - 1s$, des hauteurs égales à 7000^{km} et à 6000^{km} pour les raies du triplet $2p_i - 3d$ (λλ 3838,3; 3832,3; 3829,4), il a trouvé pour la raie de résonance Mg λ4571 une hauteur de 400^{km} seulement. Ce fait ne peut se concilier avec les principes de la théorie de Saha que si l'on admet que les raies de résonance ne sont pas des raies ultimes quand elles correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents.

L'examen du spectre de manganèse conduit à une conclusion identique. Les raies de résonance du manganèse, $IS - 2p_{2,3}$ (λλ 5432,6; 5394,7) correspondent également à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents. Ces raies s'élèvent à une hauteur moitié moindre que celle (750^{km}) qui est atteinte par les raies qui forment le premier triplet $IS - 2P_i$ (λλ 4030,3; 4033,1; 4034,5) de l'une des séries principales du manganèse, et qui, d'après M. de Gramont, sont les raies ultimes de cet élément.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption ultraviolet du gaz ammoniac.* Note [2] de M. **Ferrières**, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé de reprendre les études de MM. Duclaux et Jeantet [3] sur l'absorption que le gaz ammoniac exerce dans l'ultraviolet, et d'obtenir des valeurs numériques caractérisant cette absorption.

Les mesures ont été faites par photographie. Un spectroscope à deux

---

(1) Meg Nad Saha, *Phil. Mag.*, 6e série, t. 40, 1920, p. 816.

(2) Séance du 2 janvier 1924.

(3) *Journal de Physique*, 6e série, t. 4, 1923, p. 115.

prismes de quartz, collimateur à miroir et objectif de quartz ([1]) donnant une dispersion de 2 à 3 Å par millimètre, a été utilisé pour les longueurs d'onde plus grandes que 2100. Pour les longueurs d'onde plus petites, les photographies ont été faites avec un spectroscope à prisme et objectif de fluorine ([2]) donnant une dispersion de 13 à 15 Å par millimètre.

Les plaques utilisées ont été enduites d'huile fluorescente suivant la technique indiquée par MM. Duclaux et Jeantet.

La source de lumière était une lampe à vapeur de mercure dans le quartz, qui donnait entre les raies du mercure un fond continu assez intense pour qu'on pût y étudier les bandes d'absorption. Le gaz ammoniac pur était contenu dans des tubes de verre fermés par des lames de quartz; tandis que la pression du gaz variait de 5^{mm} de mercure jusqu'à la pression atmosphérique, la longueur des tubes passait de $0^{m},02$ à 2^{m}.

Les coefficients d'absorption ont été déterminés par la méthode employée par MM. Fabry et Buisson pour l'étude de l'ozone ([3]).

Elle consiste à photographier sur une même plaque, avec des temps de pose égaux, le spectre qui a subi l'absorption qu'on veut évaluer, et une série de spectres de la même source après réduction de l'intensité dans des rapports connus, en diaphragmant le faisceau lumineux, à la sortie du prisme, par des ouvertures de différentes grandeurs. Pour chaque longueur d'onde, on mesure au microphotomètre les noircissements de la plaque dans chacun de ces spectres, et l'on détermine par interpolation la réduction d'intensité égale à celle produite par le milieu interposé.

Résultats. — Le spectre d'absorption du gaz ammoniac présente une large bande continue qui commence assez nettement vers 2265 Å et s'étend vers les petites longueurs d'onde en augmentant rapidement d'intensité. Le coefficient d'absorption a, défini par la relation $i = i_0\,10^{-ax}$, où x est l'épaisseur en centimètres de gaz à la pression atmosphérique, a les valeurs suivantes :

Pour 2270 Å	0,001
» 2232 Å	0,04
» 2190 Å	0,17
» 2149 Å	0,96
» 2103 Å	2,3

([1]) *Journal de Physique*, 4e série, t. 9, 1910, p. 932.

([2]) *Annales de la Fac. des Sc. de Marseille*, t. 22, fasc. IV, 1915, p. 221.

([3]) *Journal de Physique*, 5e série, t. 3, 1913, p. 196.

A cette bande se superposent des bandes plus étroites, dont les cinq premières ont été résolues en triplets, dans lesquels les deux raies de plus petites longueurs d'onde sont les plus intenses. Le tableau suivant donne les longueurs d'onde des raies de ces triplets, ainsi que les valeurs du coefficient d'absorption pour les raies les plus intenses de chaque bande et pour l'intervalle de ces raies [1].

λ.	*a*.	λ.	*a*.	λ.
2247	»	2171	»	2086
2245	0,22	2167	5,5	2083
»	0,13	»	3,3	»
2239	0,21	2163	4,5	2079
2213	»	2129	»	
2211	1,65	2126	»	
»	1,07	»	4,7	
2206	1,54	2122	»	

Les valeurs élevées de ces constantes d'absorption expliquent l'élargissement des raies et la formation de larges bandes par la réunion de plusieurs raies, lorsque la pression ou l'épaisseur augmentent. A la pression atmosphérique, une épaisseur de 2^{cm} de gaz ammoniac ne laisse apparaître que le premier groupe, les suivants étant largement étalés. Sous une épaisseur de 2^{m}, toutes les raies ci-dessus ont disparu sans qu'il en apparaisse de nouvelles vers les grandes longueurs d'onde; on ne voit que le début de la bande générale vers 2265 Å et, dès 2260 Å, l'absorption est devenue totale.

Le cinquième groupe a été mesuré dans le spectre d'absorption produit par 2^{cm} de gaz ammoniac, sous la pression de 5^{mm} de mercure. Sur le même spectre, on voit des groupes de longueur d'onde plus petites, non résolus en raies mais qu'une plus faible masse absorbante permettrait probablement de séparer comme les groupes précédents. Les longueurs d'onde moyennes de ces bandes sont :

2044, 2007, 1972, 1938, 1903 angströms.

Une dernière bande d'absorption a son origine vers 1867 Å.

En résumé, le spectre d'absorption du gaz ammoniac se compose d'une série de triplets répartis suivant une loi régulière : sauf le premier, tous ont

(1) Les deux premiers groupes n'ont pas été indiqués par MM. Duclaux et Jeantet.

pour fréquences moyennes des nombres dont les différences successives s'écartent peu de 900.

L'absorption commence vers 2265 Å et augmente très rapidement quand la longueur d'onde diminue. Vers 2100 Å, une épaisseur de 1^{cm} de gaz ammoniac à la pression atmosphérique suffit à réduire à moins de $\frac{1}{200}$ l'intensité de la radiation incidente.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle qui s'exerce à la surface de séparation de l'eau et d'un liquide organique en présence des acides gras et des alcalis.* Note de MM. **René Dubrisay** et **Pierre Picard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note antérieure (1), nous avons signalé l'influence de la carbonatation des alcalis et de l'addition de certains électrolytes sur un phénomène découvert par M. Donnan (2) et utilisé par l'un de nous en acidimétrie (3). Nous nous proposons d'exposer aujourd'hui l'influence de la nature des acides gras employés et de leur concentration dans le liquide organique.

1° *Nature des acides gras.* — Donnan avait indiqué que le phénomène découvert par lui ne se manifestait que pour les acides gras proprement dits, à partir de l'acide laurique. Il nous a paru intéressant de comparer entre eux divers termes de la série. Pour cela, nous avons dissous dans de la benzine une proportion fixe d'acide (0,5 pour 100) et dans cette solution nous avons fait écouler lentement des liqueurs de soude au titre N/1250 et N/2500 en mesurant le volume correspondant à un nombre invariable de gouttes. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant. Dans la dernière colonne de ce tableau nous avons indiqué, en outre, le nombre de gouttes observé en introduisant dans la phase aqueuse 1 pour 100 de chlorure de sodium.

---

(1) René Dubrisay et Pierre Picard, *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 589.

(2) Donnan, *Zeits. für Physik. Chem.*, t. 31, 1899.

(3) René Dubrisay, *Comptes rendus*, mars, juin et décembre 1913; *Annales de Chimie*, janvier 1918.

Tableau I.

Nature de l'acide dissous dans la benzine.	Formule de l'acide.	Volume de 10 gouttes avec la soude		
		N/1250.	N/2500.	N/2500 additionnée de 1 °/₀ de NaCl.
		cm³	cm³	cm³
Benzine pure......	»	2,56	2,62	2,60
Laurique.........	$C^{12}H^{24}O^2$	1,84	»	»
Myristique........	$C^{14}H^{28}O^2$	1,28	1,58	0,24
Palmitique........	$C^{16}H^{32}O^2$	0,26	0,32	0,02
Stéarique.........	$C^{18}H^{36}O^2$	0,06	0,10	0,01
Oléique...........	$C^{18}H^{34}O^2$	0,30	0,78	0,06
Erucique.........	$C^{22}H^{42}O^2$	0,22	0,72	0,04
Ricinoléique.......	$C^{18}H^{34}O^3$	»	1,36	0,66

Pour les acides saturés, le phénomène est donc d'autant plus marqué que le poids moléculaire est plus élevé. Les acides éthyléniques sont moins actifs, et l'acide ricinoléique (acide alcool) est le moins actif de tous. En outre, le chlorure de sodium agit dans tous les cas dans le sens déjà signalé à propos des oléates.

2° *Effet de la concentration.* — Nous avons étudié l'effet de la concentration pour les acides stéariques, oléiques et ricinoléiques. Les résultats sont consignés dans les tableaux suivants. On y fait figurer en regard des concentrations en acide dans les solutions benzéniques le volume correspondant à l'écoulement de 10 gouttes d'eau ou de soude à divers degrés de dilution.

Tableau II. — *Acide stéarique.*

Concentration en acide gras (p. 100).	Volume de 10 gouttes.		
	Eau.	Soude. N/2500.	Soude. N/1250.
0..................	2,78	2,60	2,56
0,0625.............	2,70	″	0,80
0,125..............	″	1,86	0,50
0,250..............	2,54	0,90	0,17
0,500..............	2,38	0,10	0,05
1,000..............	2,08	″	″

TABLEAU III. — *Acide oléique.*

Concentration en acide gras (p. 100).	Volume de 10 gouttes. Eau.	Soude. N/1250.	N/625.
0	2,79	2,58	2,40
0,625	1,90	0,50	0,24
1,25	1,66	0,56	0,26
2,50	1,50	0,80	0,34
5,00	1,40	1,16	0,70
10	1,39	1,34	1,16

TABLEAU IV. — *Acide ricinoléique.*

Concentration en acide gras (p. 100).	Volume de 10 gouttes. Eau.	Soude. N/1250.	N/625.
0	2,79	2,58	2,40
0,625	2,20	1,06	0,90
1,250	2,06	1,00	0,78
2,50	2,00	0,64	0,46
5,00	1,80	0,88	0,70
10	1,69	0,92	0,80

Pour l'acide stéarique, on est limité par la solubilité de l'acide dans la benzine. Pour les acides oléiques et ricinoléiques, la tension superficielle commence par décroître quand la concentration augmente, passe par un minimum et croît à nouveau en tendant vers la valeur observée en l'absence d'alcali.

Dans notre précédente Communication, nous avions attribué l'action des électrolytes et en particulier du chlorure de sodium à la propriété qu'ont ces sels de relarguer les savons. Nous admettions que l'addition d'un semblable corps qui diminue la solubilité d'un savon dans l'eau doit en provoquer la condensation sur la couche superficielle et par suite en augmenter l'effet sur la tension capillaire.

Ce point de vue concorde avec le fait que pour les acides saturés l'intensité du phénomène augmente avec le poids moléculaire. En outre, l'acide oléique et l'acide ricinoléique dont les sels alcalins sont plus solubles sont aussi les moins actifs.

Par contre cette conception ne semble pas permettre d'interpréter les

minima observés dans les cas des acides oléiques et ricinoléiques. Cette particularité peut être rattachée aux idées de M. Mac Bain ([1]), qui admet dans les savons l'existence de molécules acides qui d'après M. Walker ([2]) agiraient sur la tension superficielle moins activement que les molécules neutres.

Quoi qu'il en soit, ces résultats fournissent entre divers acides gras des caractères distinctifs bien nets et précisent les conditions dans lesquelles il convient de se placer pour obtenir le maximum de sensibilité en analyse physico-chimique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le déplacement des acides par diffusion.* Note ([3]) de M. E. **Demoussy**, transmise par M. L. Maquenne.

L'accumulation de certaines matières minérales par les végétaux est explicable par les seules lois de la diffusion, comme Dehérain l'a montré, lorsqu'elles trouvent dans les tissus une cause d'insolubilisation. L'absorption élective de substances solubles est plus difficile à comprendre et a donné lieu à diverses hypothèses; la constitution chimique des parois organiques pourrait jouer un rôle dans cette sélection (Overton).

M. P. Girard ([4]) a envisagé sous un autre jour le rôle sélectif des membranes dans le cas particulier, fréquent dans la nature, où elles séparent des liquides inégalement acides. Il y aurait accumulation d'ions H^+ sur la face en contact avec la solution la plus acide, d'où obstacle au passage des cations métalliques, surtout plurivalents. La dialyse d'un mélange d'un sel et d'un acide, autre que celui du sel, conduit à une séparation partielle : il passe proportionnellement plus d'acide que de métal. MM. Girard, Mestrezat, Morax et Li Shou Houa ont donné divers exemples de ce tri des ions ([5]).

M. Li Shou Houa ([6]), étudiant la dialyse du mélange d'un sel à acide fort, très ionisé, et d'un acide faible, chlorure de baryum et acide formique, constate que la membrane laisse passer proportionnellement plus

([1]) Mc Bain, *Chem. Soc.*, t. 115, p. 1279; t. 121, p. 122.
([2]) Walker, *Chem. Soc.*, t. 119, p. 1521.
([3]) Séance du 26 décembre 1923.
([4]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1335.
([5]) *C. R. Soc. de Biologie*, t. 87, 1922, p. 69, 144, 227, 356.
([6]) *Annales de Physique*, t. 17, p. 475.

de chlore que de baryum. Ce déplacement d'un acide fort par un acide faible ne peut pas être prévu, d'après l'auteur, par les lois des équilibres ou de l'affinité chimique.

Il m'a paru au contraire que ces changements de composition s'expliquent aisément si l'on tient compte des différences de vitesse de diffusion des corps en présence, molécules ou associations d'ions.

Il s'établira un équilibre entre les quatre constituants :

$$BaCl^2 + 2HCO^2H \rightleftharpoons (HCO^2)^2Ba + 2HCl$$

avec une forte prédominance des deux premiers, l'acide formique étant beaucoup plus faible que l'acide chlorhydrique [1].

Au contact d'une couche d'eau pure, ces quatre constituants diffuseront, mais avec des vitesses très différentes. L'acide chlorhydrique, beaucoup plus diffusible que les sels de baryum, s'échappera plus rapidement, plus rapidement aussi que l'acide organique moins mobile, il sortira donc du champ de la réaction; l'équilibre sera constamment rompu, et la réaction se poursuivra dans le sens $\rightarrow$. De l'autre côté du septum il y aura formation d'une solution proportionnellement plus riche en acide, surtout en acide fort, et plus pauvre en métal que le liquide primitif.

Si cette manière de voir est exacte, il devra être possible d'effectuer des séparations semblables en l'absence de membrane, c'est-à-dire en diffusion libre. C'est ce que j'ai pu faire en ayant recours à un dispositif utilisé déjà par Graham [2].

A la partie inférieure d'un vase cylindrique contenant de l'eau distillée on fait couler lentement la solution à étudier. Après une dizaine de jours on siphonne volumes égaux du liquide en commençant par le haut, et on les analyse. On réalise ainsi une diffusion fractionnée; l'acide fort, très diffu-

---

(1) Pour la commodité du langage, j'écris des molécules non dissociées; le raisonnement serait peu différent en tenant compte de l'ionisation; on envisagerait par exemple la diffusion de l'association $(H^+ + Cl^-)$ en place de la molécule HCl, etc.

(2) *Chemical and Physical Researches*, p. 565; *Phil. Trans.*, 1861, p. 183. Partant d'un mélange à poids égaux de KCl et NaCl, Graham obtenait une séparation remarquable : après 7 jours le tiers supérieur du liquide contenait deux fois autant de KCl que de NaCl, quoique les vitesses de diffusion de ces deux sels soient voisines, 100 et 84. Cette séparation par diffusion me paraît fournir l'explication la plus simple de ce fait constant, que les végétaux sont bien plus riches en potassium qu'en sodium. J'ai observé autrefois que des plantes plongeant leurs racines dans une solution équimoléculaire en KNO^3 et $NaNO^3$ peuvent absorber uniquement du potassium.

sible, gagnera plus facilement le sommet de la colonne liquide que les autres corps moins mobiles; on devra l'y retrouver en excès.

100^{cm^3} d'une solution normale en acide formique et en chlorure de calcium étaient surmontés de 600^{cm^3} d'eau; la hauteur totale était de 14^{cm}. Après 12 jours à 10°-14°, le liquide fut séparé en sept tranches (le prélèvement de la quatrième a été manqué). On titrait l'acidité, puis le chlore, qui sont exprimés en HCl; le calcium était dosé à l'état de sulfate par évaporation à sec avec un peu d'acide sulfurique; les chiffres se rapportent à 100^{cm^3}.

	I. Acidité en HCl.	II. Calcium.	III. Chlore dosé en HCl.	IV. HCl correspondant au calcium.	V. Rapport $\frac{III}{IV}$.
	mg	mg	mg	mg	
1re tranche	135	15,5	69,4	28,3	2,45
2e »	205	53,8	126,0	98,2	1,28
3e »	339	137,4	281,5	250,7	1,12
5e »	781	465	815	848	0,96
6e »	1004	635	1091	1160	0,94
7e »	1018	665	1128	1213	0,93

La tranche du haut contient deux fois et demie autant de chlore qu'il n'en faut pour saturer le calcium (V); il y a de l'acide chlorhydrique libre, 41^{mg} (III-IV), et bien entendu de l'acide formique non combiné, correspondant à 94^{mg} HCl. Pour les portions de liquide situées plus bas, l'excès relatif de chlore diminue, pour faire place, vers le milieu de la colonne liquide, à un excès de métal.

Parmi d'autres observations concordantes, je rapporterai encore les résultats d'une expérience portant sur une solution cinq fois plus étendue, 0,2N, dont 50^{cm^3} étaient mis à diffuser contre 350^{cm^3} d'eau, la hauteur totale étant de 18^{cm}.

Après huit jours, le liquide a été partagé en quatre tranches de 100^{cm^3} auxquels les chiffres sont rapportés.

	I. Acidité en HCl.	II. Calcium.	III. Chlore dosé en HCl.	IV. HCl correspondt au calcium.	V. Rapport $\frac{III}{IV}$.
	mg	mg	mg	mg	mg
1re tranche...	9,1	0,8	9,2	1,5	6,1
2e » ...	18,2	3,0	10,9	5,5	2,0
3e » ...	91	35,3	74,6	64,4	1,1
4e » ...	251	163	276	296,5	0,93

Le déplacement de l'acide fort est encore plus marqué que précédemment : à la partie supérieure il y a six fois autant de chlore que n'en exige-

rait le calcium, et les 80 centièmes de l'acidité sont dus à l'acide chlorhydrique libre.

En résumé, la diffusion fractionnée permet de mettre en évidence le déplacement d'un acide fort par un acide faible, grâce à la grande mobilité du premier, qui peut ainsi sortir du champ de la réaction. On conçoit que les choses se passent de la même façon dans la dialyse au travers d'une paroi perméable, avec cette différence que les échanges seront beaucoup plus rapides, puisque les corps en solution n'ont plus à se déplacer verticalement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les métaphosphates alcalins « insolubles ».* Note [1] de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Depuis Graham, nombre d'auteurs ont décrit des métaphosphates alcalins insolubles ou peu solubles; mais leurs travaux, parfois contradictoires, parfois difficiles à répéter, laissent l'impression qu'ils n'ont pas toujours eu entre les mains les mêmes produits, ou qu'il doit exister plusieurs types de ces sels si curieux. En reprenant l'examen de ces composés, je suis arrivé à préciser le mode de préparation, les domaines d'existence et les propriétés chimiques de deux groupes au moins de métaphosphates alcalins insolubles; les résultats sont particulièrement nets dans le cas des sels de sodium, qui feront l'objet de cette Note.

1° La décomposition par la chaleur du phosphate monosodique ou du « sel de phosphore » $PO^4H(NH^4)Na$ donne le pyrophosphate acide $P^2O^7H^2Na^2$, bientôt mêlé de métaphosphates, si la température monte trop rapidement.

En ménageant l'action de la chaleur et en attendant l'établissement d'un équilibre à chaque température, on obtient des résultats parfaitement réguliers.

Vers 250°, le pyrophosphate acide, formé en premier lieu, commence à perdre de l'eau en donnant un métaphosphate insoluble. La transformation, d'abord extrêmement lente, peut être cependant rendue complète par un chauffage suffisamment prolongé; il faut pour arriver à ces résultats :

250 heures environ	....	à 252°
30 » »	....	à 281
6 » »	....	à 320
1 heure »	....	à 355

(1) Séance du 2 janvier 1924.

Ce métaphosphate insoluble est stable jusqu'aux environs de 477° et pour des températures plus élevées, évolue assez rapidement vers le trimétaphosphate, de façon qui paraît pratiquement irréversible. Au bout d'une heure de chauffe, la fraction de sel insoluble ainsi transformé est de :

Pour 100.		
6,5	à	478°
41	à	482
59,2-55,7	à	495
97	à	510

Si l'on veut bien se reporter à nos récentes Communications, on verra combien est compliqué le passage des phosphates monométalliques aux hexamétaphosphates : il y a d'abord formation lente de pyrophosphate acide, puis de métaphosphate insoluble; le trimétaphosphate apparaît à 477° et c'est seulement à 607° que se forme l'hexamétaphosphate. Si la chauffe a été conduite sans précautions, ces diverses transformations se chevauchent dans le temps et dans l'espace, de sorte que l'on ne peut obtenir d'hexamétaphosphate pur que par fusion à 638°, suivie d'un refroidissement extrêmement rapide.

2° On peut préparer un autre métaphosphate de sodium insoluble en chauffant au rouge naissant le méthylphosphate ou l'éthylphosphate de sodium $PO^4H(CH^3)Na$ ou $PO^4H(C^2H^5)Na$; la masse friable obtenue est lavée à grande eau pour éliminer rapidement un peu de trimétaphosphate.

Le procédé réussit à coup sûr et permet de se procurer des germes cristallins presque indispensables à la réussite d'un second mode de préparation plus pratique qui part de l'hexamétaphosphate.

Ce dernier sel est surfondu vers 550° et ensemencé à l'aide des germes précédents; on réchauffe alors prudemment pour accélérer la croissance des cristaux qui, peu à peu, envahissent toute la masse vitreuse en l'insolubilisant.

Les deux métaphosphates insolubles qui viennent d'être décrits diffèrent profondément l'un de l'autre.

Le premier, préparé à température relativement basse, se transforme facilement par surchauffe en trimétaphosphate, et réagit à peine sur l'eau bouillante et les solutions salines.

Par contre, le deuxième, obtenu à haute température, peut être chauffé, quand il est pur, sans subir de transformation appréciable. Son point de fusion, situé à 809°-811°, est supérieur de 170° à celui de l'hexamétaphosphate, et la solidification lui fait retrouver son insolubilité, soit qu'il

reprenne la forme cristalline, soit qu'on l'amène à l'état vitreux. C'est seulement quand il contient des quantités appréciables de trimétaphosphate ou d'hexamétaphosphate que la fusion le fait rétrograder rapidement vers ces formes solubles.

De plus, c'est lui et lui seul qui peut passer en solution dans l'eau à la faveur d'un peu de pyrophosphate ou de métaphosphate soluble, en donnant des liquides visqueux doués des propriétés colloïdales si curieuses que nous avons déjà signalées. C'est lui qui, mélangé a un hexamétaphosphate, donne ces sels élastiques regardés par Fleitmann comme des hexamétaphosphates, par Tammann comme des penta ou des décamétaphosphates, sans autre raison que l'analyse de soi-disant sels doubles de même consistance.

Ajoutons pour terminer que ce second sel de sodium insoluble paraît très directement apparenté aux hexamétaphosphates. Pris en effet sous forme solide, ou en solution, il donne les mêmes complexes avec les sels de fer et d'uranyle, en même temps que les solutions perdent toute viscosité.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la réduction de l'acide arsénique par l'acide sulfureux, en présence d'acide vanadique.* Note de M. V. **Auger** et Mlle **L. Odinot**, présentée par M. A. Béhal.

Parmi les méthodes de dosage titrimétrique de l'arsenic et du vanadium en présence l'un de l'autre, on a recommandé, lorsque ces deux éléments se trouvent au degré maximum d'oxydation, de réduire tout d'abord, en solution sulfurique, le seul acide vanadique qu'on titre ensuite, par oxydation au moyen du permanganate, puis ensuite de réduire, par l'action du gaz sulfureux, l'arsenic et le vanadium, et après avoir enlevé par ébullition l'excès du réducteur, de doser les deux éléments par le permanganate.

Trautmann [1], qui a essayé cette méthode, a trouvé au cours de 42 essais, qu'en présence de V^2O^5, l'acide arsénique n'est pas réduit par SO^2; nous avons voulu vérifier ses dires et rechercher les causes de cette action inhibitrice du vanadium.

Nos essais nous ont montré que l'opinion de Trautmann était mal fondée, et qu'il avait travaillé dans des conditions où l'acide arsénique est très incomplètement réduit par SO^2. En effet, si l'on fait passer pendant un

---

(1) Fresen, *Ztschr. f. anal. Chem.*, t. 50, 1911, p. 371.

quart d'heure à une demi-heure un courant de ce gaz dans une solution arsénique contenant environ 10 pour 100 de SO^4H^2 libre, en opérant à l'ébullition, on trouve que la réduction ne porte que sur 0,5 à 5 pour 100 de l'arsenic et les résultats sont rigoureusement les mêmes avec ou sans vanadium.

Par contre, si l'on opère comme le recommande Gooch (¹) en chauffant en flacon bien bouché, pendant 1 heure au bain-marie, la solution saturée à froid de SO^2, la réduction est complète, tout l'arsenic étant passé à l'état trivalent et le vanadium à l'état de sel de vanadyle.

Nous avons alors cherché s'il ne serait pas possible, par l'emploi d'un catalyseur, d'éviter le chauffage en vase clos en facilitant l'action de SO^2; l'addition d'une faible quantité d'acide iodhydrique suffit pour obtenir ce résultat.

Une série d'essais effectués en faisant varier la quantité de l'iodure nous a montré que, pour 100^{cm^3} de solution arsénique contenant environ 10 pour 100 de SO^4H^2 libre, il suffit de $0^g,01$ de IK pour que la réduction soit totale après un quart d'heure d'action du SO^2 à chaud. Dès que l'excès de SO^2 a été chassé par ébullition, on ajoute un petit excès de NO^3Ag afin de précipiter l'iodure qui gênerait le dosage, puis on procède à l'oxydation au permanganate dans les conditions habituelles : les résultats sont parfaits en opérant à chaud et avec une solution suffisamment acide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation et constitution de la disulfisatyde.* Note de MM. **A. Wahl** et **W. Hansen**, présentée par M. A. Haller.

L'identité de l'isoindigotine avec l'indine, en fixant la constitution de cette dernière (²), devait également permettre d'établir la constitution de la disulfisatyde, dont l'indine est un dérivé immédiat.

Laurent (³) a donné le nom de sulfésatyde ou de disulfisatyde au produit de la réaction de l'hydrogène sulfuré sur l'isatine. Il en a, de plus, établi la formule $C^{16}H^{12}O^2N^2S^2$ tandis qu'Erdmann (⁴), à la même époque, arrivait à $C^{16}N^{12}O^2N^2S^3$.

Nous avons commencé par nous assurer, par l'analyse élémentaire et

(¹) Gooch, *Methods in Chem. anal.*, 1912, p. 350.

(²) A. Wahl et W. Hansen, *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 1071.

(³) Laurent, *Ann. de Chim. et Phys.*, 3ᵉ série, t. **3**, 1841, p. 469.

(⁴) Erdmann, *J. f. prakt. Chem.*, t. **24**, 1840, p. 1.

par la cryoscopie, de l'exactitude de la formule de Laurent; d'autre part, nous avons cherché à élucider le mécanisme de la transformation de la disulfisatyde en indine. Celle-ci se produit sous l'influence des alcalis, et Laurent signale qu'il se forme quelquefois un composé blanc : la sulfasatyde ou monosulfisatyde, toujours accompagnée d'indine. Cependant celle-ci devient souvent le produit principal ou exclusif de la réaction. « On n'est jamais sûr, écrit Laurent, de les produire à volonté. »

Nous avons constaté en effet que la concentration de l'alcali et la nature du milieu modifient l'allure de la transformation. Ainsi, si l'on ajoute quelques gouttes de soude caustique concentrée ou d'ammoniaque, à une solution alcoolique de disulfisatyde, sa couleur vire au rouge et, au bout de quelques secondes, il se dépose des flocons rouges d'indine. Souvent on remarque la présence de petits cristaux très brillants, qui sont constitués par du soufre. Si l'on broie la disulfisatyde avec de la soude ou de la potasse concentrée, on constate que la masse rougit, *superficiellement*. Aussi, pour réaliser une transformation complète, en indine, il faut, comme l'indique Laurent, triturer la masse dans un mortier : l'air semble donc intervenir. Pour vérifier ce point, nous avons fait agir la soude caustique sur la disulfisatyde dans une atmosphère de gaz d'éclairage, privée d'air; or, dans ces conditions, il ne se forme pas d'indine, et la solution reste claire. Mise au contact de l'air, elle se recouvre d'une pellicule d'indine et, en y faisant barboter de l'air, celle-ci ne tarde pas à se précipiter.

Enfin l'indine se forme encore, en additionnant une émulsion hydroalcoolique de disulfisatyde, d'une solution aqueuse de carbonate de soude; le chauffage active la précipitation d'indine très pure. C'est là une excellente préparation de cette substance.

Mais, quel que soit le réactif employé, le rendement en indine ne dépasse jamais environ 40 pour 100 du poids de la disulfisatyde. L'indine n'est donc pas le produit unique de la réaction. En effet, la solution d'où elle s'est déposée, dégage de l'hydrogène sulfuré par acidification; elle est troublée par un peu de soufre et est colorée en jaune. Épuisée par de l'éther, elle fournit, par évaporation du dissolvant, des cristaux d'isatine.

La transformation de la disulfisatyde peut donc s'écrire :

$$2(C^{16}H^{12}O^2N^2S^2) + 2H^2O = 4H^2S + C^{16}H^{10}O^2N^2 + 2(C^8H^5O^2N).$$

L'indine et l'isatine obtenues représentent alors 90-95 pour 100 de la théorie pour la première et 55 pour 100 pour la seconde.

Dans le cas des alcalis concentrés il est vraisemblable que, dans ce milieu,

le sulfure qui prend naissance réduit l'indine en leuco-isoindigo, d'où nécessité de l'intervention de l'air pour réoxyder le leucodérivé. Bien qu'il ne nous ait pas été possible d'isoler le leuco ainsi formé, cette hypothèse est rendue vraisemblable par le fait qu'en acidifiant le produit de la réaction, effectuée à l'abri de l'air, on constate dans les gaz, à côté d'hydrogène sulfuré, la présence de l'acide sulfureux, indiquant une réduction par le sulfure.

Constitution de la disulfisatyde. — Bien que les formules dont les schémas se trouvent ci-dessous aient été proposées, aucune d'elles n'a, jusqu'ici, été étayée par l'expérience (¹).

$$\begin{array}{ccc} & C(OH)-(OH)C & \\ C^6H^4\langle\rangle CS & & SC\langle\rangle C^6H^4 \\ NH & & NH \end{array} \quad (I). \qquad \begin{array}{ccc} & C(SH)-(SH)C & \\ C^6H^4\langle\rangle CO & & CO\langle\rangle C^6H^4 \\ NH & & NH \end{array} \quad (II).$$

En se confinant dans le domaine de l'hypothèse, on pourrait également envisager la disulfisatyde comme un disulfure dans lequel les deux noyaux indoliques seraient reliés par $-S-S-$. Mais, dans ce cas, l'expérience peut décider. En effet, un disulfure serait dédoublé par les réducteurs en deux molécules de mercaptan. Or, lorsqu'on traite la disulfisatyde par le zinc au sein de l'acide acétique, elle fournit un composé blanc, cristallisé, dont la composition et les caractères sont ceux du leuco-isoindigo décrit précédemment par nous (²).

Cette réaction exclut la forme d'un disulfure, mais s'explique, au contraire, aisément en considérant la disulfisatyde comme une thiopinacone suivant la formule (II) :

$$\begin{array}{ccc} & C(OH)-(OH)C & \\ C^6H^4\langle\rangle CO & & CO\langle\rangle C^6H^4 \\ NH & & NH \end{array} \quad (III).$$

L'isatyde étant elle-même, d'après les travaux de Kohn (³) et de ses élèves, une pinacone (III), l'analogie de ces deux substances est ainsi mise en évidence par leurs formules.

(¹) L. Lefèvre, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 19, 1916, p. 111. — Dornier et Martinet, *Ibid.*, 4ᵉ série, t. 33, 1923, p. 782.

(²) Wahl et Hansen, *loc. cit.*

(³) Kohn et Klein, *Mon. f. Chemie*, t. 33, 1912, p. 930. — Kohn et Ostersetzer, *Ibid.*, t. 37, 1916, p. 25.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de la monométhylamine.* Note de M. **Marcel Sommelet**, présentée par M. A. Béhal.

On peut, en vue de la préparation de quantités un peu importantes de monométhylamine, employer soit le procédé d'Hofmann soit celui de Brochet et Cambier.

Le premier utilise la décomposition connue de l'acétamide bromée par les alcalis. M. M. François, qui en a repris l'étude, il y a quelques années (1), a montré que le rendement en amine primaire était assez faible et qu'une partie de l'azote de l'acétamide primitive se retrouvait, après la transformation, en partie sous forme d'ammoniaque, en partie sous forme d'azote gazeux; il a, plus tard (2), modifié le mode opératoire d'Hofmann et amélioré le rendement de façon notable, mais sans arriver à obtenir de la monométhylamine exempte d'ammoniaque. Il est vrai que le même savant avait indiqué (3) un moyen de fixer, sous forme de combinaison complexe mercurique insoluble, l'ammoniaque qui accompagne l'amine primaire en soumettant le mélange des deux bases à l'action de l'oxyde jaune de mercure. Ce procédé de purification est parfait, mais coûteux à appliquer en grand.

La méthode de Brochet et Cambier (4) a le gros avantage de mettre en œuvre des matières premières courantes; elle utilise, comme on sait, une réaction dont le principe est dû à Plœchl (5) et qui consiste à faire réagir à chaud l'aldéhyde formique en solution aqueuse sur le chlorhydrate d'ammoniaque. Il y a méthylation de l'ammoniaque avec distillation de produits très volatils parmi lesquels du méthylal et, comme l'a constaté plus récemment Werner (6), du formiate de méthyle. Il reste, après réaction, une liqueur aqueuse contenant, à côté de chlorhydrate de monométhylamine, du chlorhydrate d'ammoniaque non transformé, du chlorhydrate de diméthylamine (Werner), du chlorhydrate de triméthyltriméthylènetriamine et, très probablement, du chlorhydrate de triméthylamine. Le chlor-

(1) M. François, *Journ. de Ph. et de Ch.*, 6e série, t. 28, 1908, p. 342.

(2) M. François, *Ibid.*, p. 535.

(3) M. François, *Ibid.*, t. 25, 1907, p. 517 et 523.

(4) Brochet et Cambier, *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 449 et 557; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 13, 1895, p. 534.

(5) Plœchl, *D. ch. G.*, t. 21, 1888, p. 2117.

(6) Werner, *Chem. Soc.*, t. 3, 1917, p. 844.

hydrate d'ammoniaque peut être éliminé, pour la plus grande partie, par concentration méthodique et cristallisation. Les eaux mères qui proviennent de ce traitement étaient traitées différemment par Brochet et Cambier d'une part et par Werner de l'autre. Les premiers, évaporant le liquide à sec, obtenaient un extrait qu'ils épuisaient à l'alcool à 97° bouillant; ce solvant, par refroidissement, abandonnait du chlorhydrate de monométhylamine à un état de pureté déjà très avancé, mais contenant encore de petites quantités des chlorhydrates d'ammoniaque et de triméthyltriméthylènetriamine. Werner recommandait, pour séparer les principaux constituants du mélange, la concentration progressive des eaux mères qui laissent ainsi déposer d'abord le chlorhydrate de monométhylamine, puis le sel de la base secondaire. On n'obtient pas d'emblée, par ce procédé, des sels parfaitement purs.

Il est facile, en effet, en examinant le chlorhydrate de monométhylamine ainsi isolé, de constater qu'il renferme de l'ammoniaque et de la triméthyltriméthylènetriamine. La première est facile à reconnaître au moyen du réactif de Nessler et la seconde au moyen d'une solution $\frac{n}{10}$ d'iode ou d'une solution d'iodomercurate de potassium, ces réactifs devant être employés suivant les indications de M. François [1].

Ayant eu besoin de quantités assez importantes de monométhylamine, j'ai repris la réaction de Brochet et Cambier. Le chlorhydrate de la base cherchée a été isolé par concentration des eaux mères et cristallisation directe. Le sel brut se forme, dans les meilleures conditions, avec un rendement égal à 37 à 45 pour 100 du poids de chlorhydrate d'ammoniaque mis en œuvre; il retient du chlorhydrate d'ammoniaque et du chlorhydrate de triméthyltriméthylènetriamine. On peut le purifier par des cristallisations répétées dans l'alcool, mais alors avec des pertes importantes.

J'ai cherché à extraire, par traitement chimique, l'amine primaire contenue dans le sel brut. La monométhylamine, en solution aqueuse, réagit facilement sur l'aldéhyde benzoïque pour transformer celle-ci en l'imine $C^6H^5 - CH = N - CH^3$, produit liquide distillant sans décomposition à 180°, et la mise à profit de cette propriété permet d'isoler du sel brut la plus grande partie de l'amine primaire qu'il renferme. Il suffit de mettre la base en liberté par un alcali, d'épuiser la solution aqueuse obtenue au moyen

---

(1) M. François, *Journ. de Ph. et de Ch.*, 6e série, t. 28, 1908, p. 342; *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 857.

d'un léger excès d'aldéhyde benzoïque, de séparer par décantation le mélange huileux d'imine formée et d'aldéhyde en excès, de rectifier à la pression ordinaire ou sous pression réduite, puis d'hydrolyser l'imine par l'acide chlorhydrique concentré. Le chlorhydrate de monométhylamine ainsi obtenu est exempt d'ammoniaque et ne renferme plus qu'une petite quantité de chlorhydrate de triméthyltriméthylènetriamine. Cette dernière base passe, en effet, à la distillation à la température de 166° voisine du point d'ébullition de la méthylimine de l'aldéhyde benzoïque par laquelle elle est entraînée. Cette impureté peut n'être pas gênante; si l'on veut l'éliminer, il suffit, après avoir isolé le chlorhydrate de monométhylamine à l'état sec, de le laver par broyage avec les $\frac{2}{5}$ environ de son poids d'alcool à 85°-90°, puis d'essorer. Après ce traitement, le sel d'amine est, sauf très rares exceptions, exempt de cette base, et après deux cristallisations dans l'alcool à 88°, il fond en tube scellé à 232°-233°,5 (température corrigée).

La méthode que je propose pour l'isolement de la méthylamine permettra une utilisation plus facile de la réaction de Brochet et Cambier; elle sera exposée avec plus de détails et d'exemples dans un autre Recueil; elle rappelle, d'ailleurs, un procédé proposé autrefois par M. M. Delépine [1] et basé sur l'emploi de l'aldéhyde formique en vue de la séparation des trois méthylamines.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Oligocène du Massif armoricain.* Note [2] de M. F. KERFORNE, présentée par M. Pierre Termier.

Les gisements oligocènes connus du Massif armoricain sont peu nombreux. On ne peut citer que le gisement de Chartres, au sud de Rennes, et quelques gisements isolés, curieusement alignés dans une direction NNO-SSE de Loutehel jusqu'à Nort; ce sont du Nord au Sud : Loutehel, les Brulais, Saint-Séglin, Langon, Bréhain, Saffré et Nort. Nulle part on ne connaît avec précision leur puissance ni leur substratum. Dans celui de Chartres, le mieux connu, on sait seulement qu'à quelques mètres au-dessous des calcaires marneux subordonnés aux *calcaires grossiers de Rennes*, il existe des couches argileuses et calcaires riches en fossiles rupéliens bien conservés.

Cependant les travaux de l'ancienne mine de Pontpéan, dans leur avan-

(1) *Thèse de Pharmacie*, Paris, 1896.

(2) Séance du 2 janvier 1924.

cement Nord sous ce bassin, ont rencontré à la profondeur de 200^m et au toit du filon (dirigé N 160° E avec pendage 80° E) des couches tertiaires dont l'étude géologique n'a malheureusement pas été faite. Les rapports miniers disent : argiles et sables. Delage (¹) parle d'argile avec lignites.

Elles doivent appartenir encore à l'Oligocène, car il serait invraisemblable que l'Éocène, qui n'est pas marin dans la localité, ait une puissance considérable.

Le mur du filon, au contraire, est constitué par des schistes briovériens avec petites intercalations gréseuses et calcaires. Il s'agit d'un affaissement par la réouverture de la fente minéralisée, attestée par la présence d'un remplissage nouveau et constant dit « glaise bleue ».

Il y a donc lieu de croire que la puissance de l'Oligocène, dans le bassin de Chartres, est beaucoup plus grande qu'on ne le pense généralement et rien ne dit qu'il n'en est pas de même dans les autres gisements, dont on ne connaît que la partie superficielle.

Vasseur (²) a émis l'hypothèse que la mer oligocène a envahi la région en remontant les vallées de la Vilaine et de l'Aff et a dessiné, à l'aide de courbes de niveau, un fjord long et étroit, venant aboutir au bassin de Rennes. Cette conception paraît être en désaccord avec les données océanographiques fournies par l'étude des sédiments oligocènes et de leur faune et le tracé ne correspond pas aux rivages de l'ancienne mer.

On a attribué d'autre part l'avancée des mers tertiaires sur le Massif armoricain à une inflexion des axes des plis primaires, à un ennoyage épirogénique. Étant donné ce qui a été constaté au toit de la faille de Pontpéan et l'importance des nombreuses failles de même direction qui existent dans la région sud de Rennes, importance que j'ai déjà mise en relief, on peut se demander s'il ne s'agit pas plutôt d'effondrements suivant ces failles, analogues à ceux qui se sont produits dans le fossé du Rhin et dans la Limagne. Alors, les dépôts oligocènes pourraient être des remplissages de fosses contemporaines comme dans ces dernières régions et leur grande puissance serait expliquée.

Cette hypothèse, que des recherches nouvelles viendront confirmer ou infirmer, mérite d'être émise dès maintenant, car, s'il en était ainsi, il y aurait possibilité de trouver du pétrole dans ces bassins comme dans ceux

---

(¹) Delage, *B. S. G. Fr.*, 3ᵉ série, t. 7, 1879, p. 426. Cf. aussi Lebesconte, *B. S. G. Fr.*, 3ᵉ série, t. 7, 1879, p. 452; et Vasseur, *Thèse*, 1881.

(²) *Loc. cit.*

d'Alsace et de Limagne, mais les réserves les plus rigoureuses doivent être faites sur la quantité. Les dégagements d'eau salée et de gaz explosifs, constatés dans la mine de Pontpéan pendant son exploitation (¹), pourraient provenir du toit du filon.

Des recherches dans ce sens auraient, en tout cas, l'avantage d'avoir un intérêt scientifique considérable et seraient plus judicieuses que dans nos terrains primaires, qui ne paraissent pas devoir contenir de pétrole. Quant au Trias, il n'existe pas en Bretagne.

MÉTÉOROLOGIE. — *La variation diurne de la direction du vent à Strasbourg et la théorie du fœhn.* Note (²) de M. J. **Rempp**, présentée par M. Bigourdan.

La théorie du fœhn de R. Wenger, et mes études antérieures sur le vent dans différentes vallées, m'avaient conduit à admettre qu'une vallée exerce, en quelque sorte, sur les courants atmosphériques, un *pouvoir directeur*, qui est fonction du gradient thermique vertical. Ce pouvoir est nul quand le gradient est adiabatique, et d'autant plus fort que le gradient reste au-dessous de cette limite; il se manifeste de la façon suivante : Les courants qui ont une composante notable dans la direction de la vallée et dans le sens de la pente sont dirigés au fond de la vallée dans le sens de la longueur et renforcés; les courants de sens contraire et ceux qui sont à peu près normaux à la direction de la vallée s'écartent du sol et soufflent seulement en hauteur.

Il m'a paru intéressant de rechercher si la variation diurne de la fréquence des différents vents à Strasbourg confirmerait cette manière de voir. On sait que les vents dominants à Strasbourg ont la direction de la vallée du Rhin (N à NE et S à SW) et que les vents plus ou moins transversaux, surtout les vents des régions E, sont beaucoup moins nombreux. La fréquence de ces vents transversaux devait, d'après ce qui précède, présenter une variation diurne analogue à celle du gradient thermique vertical, c'est-à-dire un maximum dans le courant de l'après-midi et un minimum vers la fin de la nuit.

Je ne m'attendais pas à trouver, pour les fréquences des vents de S à SW

(¹) Lodin, *Ann. des Mines*, 9ᵉ série, t. 8, 1895.

(²) Séance du 2 janvier 1924.

d'une part, de N à NE d'autre part, des variations diurnes de caractère opposé. Car la pente de la vallée du Rhin est très faible, et, à l'encontre de ce qui a lieu dans les vallées plus fortement inclinées, il n'existe pas de différence prononcée entre ces deux groupes de vent, ni pour la fréquence générale, ni pour la vitesse moyenne. Or, non seulement la statistique, que j'ai dressée d'après les inscriptions de la girouette pendant 5 années, a conduit au résultat attendu, mais, de plus, elle a fait apparaître une variation diurne des deux groupes de vent dirigés suivant la vallée ; il semble que l'on ait ici affaire à des brises de jour ou de nuit, ou bien, si l'on préfère, à une autre manifestation de la variation diurne du *pouvoir directeur*.

Les variations que le gradient barique horizontal subit, en moyenne, de 7^h à 14^h et de 14^h à 21^h ne permettent pas de se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces deux conclusions. Cependant, les trajectoires de pilotes, qui accusent un courant qu'on pourrait considérer comme un vent de retour, sont rares. Mais ce qui me porte davantage vers la seconde alternative, c'est le fait que les vents montants sont sujets à la même variation diurne que les deux groupes de vents transversaux, dont la variation de fréquence ne peut s'expliquer autrement que par une variation du *pouvoir directeur*. La diminution de ce pouvoir, au cours de l'après-midi, se traduit par une diminution du nombre des vents descendants au profit, à la fois, des vents montants et des vents transversaux.

Il est naturel que ces faits se présentent de la façon la plus nette en été. Les vents de S, SSW et SW ont un maximum de fréquence entre 4^h et 7^h, un minimum vers 15^h ou 16^h; ils sont alors deux à trois fois moins nombreux qu'à la fin de la nuit. Cette diminution de fréquence est compensée par une augmentation de celle de tous les autres vents [sauf W (1)], augmentation qui est relativement la plus grande pour les vents de beau temps (rapport entre les fréquences maxima et minima = 9 : 1 pour les vents d'E). Le pourcentage des vents observés aux heures de la journée correspondant à peu près aux extrêmes est :

---

(1) A l'W de Strasbourg, entre la Bruche et le Canal-de-la-Marne-au-Rhin, le terrain s'abaisse en pente douce des Vosges jusqu'aux faubourgs de la ville. Cette situation doit provoquer des brises de jour dirigées vers l'W, des brises de nuit dirigées vers l'E. Ce phénomène parasite, se superposant au phénomène général, peut expliquer le fait que les vents d'W présentent, au printemps, en été et en automne, un maximum de fréquence vers 21^h ou 22^h et un minimum vers 8^h ou 10^h.

	Calmes.	NNE.	NE.	ENE.	E.	ESE.	SE (¹).	SSE.	S.
6h.....	3,4	4,3	6,4	0,7	0,4	0,7	2,1	2,8	17,4
18h.....	0,2	7,1	11,2	3,3	3,6	2,3	2,0	4,1	6,9

	SSW.	SW.	WSW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N (²).
6h.....	13,6	13,7	4,0	6,6	3,6	7,3	5,3	7,7
18h.....	7,4	5,5	8,1	8,1	7,1	9,0	7,3	6,8

A 6^h, le *pouvoir directeur* est grand, les vents nettement descendants (S à SW) soufflent dans la moitié des cas environ. A 18^h, le *pouvoir directeur* est faible, tous les vents présentent à peu près la fréquence qui leur revient normalement.

Aux autres saisons et dans la moyenne de l'année, la fréquence des différents vents varie d'une manière analogue, mais naturellement moins prononcée. En particulier, les vents d'entre W et N ont des variations diurnes peu nettes et contradictoires pour des directions voisines. Ces vents accompagnent, en effet, les secteurs arrière des dépressions. Dans ces secteurs, le gradient thermique vertical est fort et le temps nuageux ; la variation diurne du gradient doit donc être faible. Pourtant, si l'on calcule les résultantes W, WNW ou NW (en traitant les valeurs des fréquences comme des mesures scalaires de vecteurs), on voit apparaître un maximum l'après-midi, vers 15^h ou 16^h. Si, en outre, on calcule les différences des résultantes : W moins E, WNW moins ESE, NW moins SE, la deuxième combinaison varie le moins au cours de la journée. En d'autres termes, parmi les différentes résultantes opposées, ce sont celles qui sont le plus exactement transversales à la vallée, soit les résultantes WNW et ESE, qui présentent la marche diurne la plus semblable. L'heure du maximum de ces résultantes est également l'heure du maximum de la résultante NNE et l'heure du minimum de la résultante SSW. Ainsi, le calcul des vecteurs conduit, pour les autres saisons, au même résultat que les observations directes, pour l'été.

BOTANIQUE. — *Recherches sur les variations du chimisme chez les tomates greffées sur les pommes de terre et sur Lyciet* (Lycium barbarum L.). Note de M. **Stanislas Golinski**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nos recherches concernant les greffes de tomates sur des pommes de terre et sur le lyciet avaient un double but, à savoir : la détermination de la

(¹) Les vents de SE ont le maximum de fréquence à 12^h, les vents de N à 14^h.

composition chimique de la plante greffée d'une part et de l'autre la précision de l'influence biologique du sujet vivace sur la plante annuelle.

Nous avons greffé des tomates locales appelées *Crostochowshie* sur des pommes de terre : Marjolaine et Early Rose. L'analyse chimique fut faite grâce à l'amabilité du docteur H. Malarski, chef de la section biochimique de l'Institut de Putawy :

	Acide citrique pour 100.	Masse sèche.	Sucre.	Saccharose.
Tomates non greffées..........	0,329	4,97	»	»
Tomates greffées sur pommes de terre (Early Rose)..........	0,642	6,70	1,676	0,043
Tomates greffées sur pommes de terre (Marjolaine)...........	0,418	7,24	»	»
La valeur moyenne mentionnée dans la littérature horticol...	0,470	5,44	3,51	1,65

On voit que l'acidité des tomates non greffées est la plus basse, elle augmente dans les tomates greffées sur les *Marjolaine* (de courte et faible végétation) et atteint son maximum dans celles greffées sur les *Early Rose* (de végétation plus longue et fortes).

Les résultats obtenus avec *Lycium* sont différents. Les tomates (*Lycopersicum*) ainsi que le lyciet (*Lycium*) appartiennent non seulement à la même famille de *Solanées*, mais aussi au même groupe d'*Eusolanées*, et au même sous-groupe.

La tomate est une plante annuelle, tandis que *Lycium* est vivace (comme un arbuste).

Le *Lycium* transplanté dans des pots métalliques le 17 avril 1923 fut greffé par des tomates : « *Alice Roosevelt* » le 25 mai 1923 d'une manière nommée « Greffe à-cheval ».

Tous les 19 sujets ont bien supporté cette opération. Nous avons établi un même nombre d'individus non greffés comme témoins, les uns dans les pots métalliques, les autres dans le sol.

L'analyse chimique fut faite à l'École polytechnique de Varsovie grâce à l'amabilité du professeur W. Iwanowski, chef de l'Institut de la Technologie de la fermentation et des produits alimentaires (de l'École polytechnique de Varsovie).

Tomates fruits « Alice Roosevelt ».	Culture.	Poids moyen.	Acidité exp. en acide citrique (en %).	Teneur en sucre réducteur calculé en sucre interverti. Moy. (en %).	avant l'hydrolyse (en %).	Teneur en sucre non réducteur calculé en saccharose (en %).	Saccharose calculé d'après le pouvoir rotatoire avant et après l'hydrolyse (%).
Greffées sur Lyciet.	Dans les pots métalliques	40g,42	0,65	4,81	4,48	0,31	0
Témoins.........	»	34g,45	0,54	3,12	2,37	0,71	0,66
Témoins.........	Dans le sol	63g,13	0,63	1,70	0,93	0,73	0,65

La détermination d'acidité est faite par NaOH $\frac{n}{5}$ en présence de phénolphtaléine.

Dosage volumétrique de sucre réducteur fait par la méthode de Bertrand.

D'après cette analyse, nous constatons une grande quantité de sucres dans des sujets greffés, ce qu'on pourrait constater même en goûtant. Je conserve quinze exemplaires dans la serre pour les expériences de l'année prochaine.

BOTANIQUE. — *Excitabilité amylogène et évolution des plastes dans l'embryon du Haricot*. Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai désigné sous le nom de *seuil de condensation amylogène* la concentration critique en sucre au-dessus de laquelle l'amidon se dépose dans les plastes; je définirai de même la *réaction amylogène* du plaste et, par extension, de la cellule ou d'un ensemble de cellules, par la masse d'amidon formé dans chacun de ces cas. J'envisage donc le phénomène de l'amylogénèse du point de vue de l'excitabilité, en prenant ce terme dans le sens large que lui ont donné de nombreux physiologistes.

La formation de grains composés d'amidon dans les plantules du Haricot pendant la germination a été signalée par divers botanistes et étudiée en détail par Belzung sur les cellules de l'hypocotyle. Suivant cet auteur, les grains composés apparaissent dans des plastes qui se différencient pendant la maturation de la graine, par résorption complète d'une partie des grains d'amidon de réserve. Nos observations concordent avec celles de Belzung sauf sur quelques points. J'ai constaté en particulier, conformément à

l'opinion courante, que les grains d'amidon précités sont inclus dans des plastes à paroi très fine, et non dans les vacuoles du cytoplasme comme le considérait cet auteur. Si l'on suit l'évolution de ces grains d'amidon de réserve dans l'embryon, on constate qu'à la fin de la période de synthèse, ils remplissent les cellules de l'écorce et de la moelle de la tigelle et de la radicule; mais, pendant l'hydrolyse qui accompagne la maturation et la dessiccation de la graine, ils disparaissent entièrement ou presque totalement de la radicule et en partie seulement de la tigelle. Dans cette dernière l'action amylolytique est plus active dans l'écorce que dans la moelle, et dans l'écorce elle l'est surtout dans les assises sous-épidermiques et endodermiques, qui sont assez souvent dans l'embryon sec entièrement privées d'amidon.

Si l'on fait germer ($t = 20°$) un embryon (sans cotylédons) plus ou moins sec de haricot, l'action hydrolysante reprend avec activité et l'on voit apparaître des grains d'amidon composés en d'autant plus grand nombre que l'embryon est prélevé à une phase plus avancée de la dessiccation de la graine.

Ces grains sont de deux types : dans l'un les grains simples constituants ont des dimensions à peu près égales, dans l'autre l'un des grains plus volumineux présente une calotte latérale ou une couronne circulaire de grains plus petits. Ces deux sortes de grains, décrits déjà par Belzung, et entre lesquels cet auteur n'établit aucune distinction d'origine, proviennent en réalité, les premiers des plastes non amylifères, les seconds des plastes amylifères dont la paroi s'accroît et forme une calotte ou une couronne plus épaisse à l'intérieur de laquelle apparaissent les petits granules amylacés de nouvelle formation. La répartition des grains des deux types correspond par suite exactement à celle précitée des plastes correspondants et les assises sous-épidermiques et endodermiques, par exemple, ne renferment des grains de seconde sorte que dans la mesure où elles possèdent dans l'embryon sec des plastes à amidon. Si l'on examine un embryon où la formation des grains composés est active, on constate que la réaction amylogène des plastes amylifères et non amylifères est très accusée dans toutes les cellules ; mais, si l'on s'adresse à un embryon où cette formation est faible, on peut constater des différences très nettes entre les divers plastes et observer sur une même coupe tous les degrés d'évolution depuis les plastes non modifiés jusqu'à ceux dont les grains composés sont bien formés.

Dans une même cellule la réaction amylogène progresse en général à peu

près de la même manière dans les plastes amylifères comparés, soit entre eux, soit aux plastes non amylifères, mais il est possible cependant d'observer assez souvent des différences sensibles entre les divers plastes et même entre des plastes très voisins d'une même sorte placés en apparence dans des conditions physiologiques semblables. On peut en conclure qu'il peut exister dans une même cellule des différences d'excitabilité amylogène vis-à-vis du taux du sucre entre des plastes d'origine et d'aspect identiques.

Si l'on compare entre elles les diverses régions de l'embryon (choisi toujours à réaction amylogène faible), on constate que dans la moelle l'activité amylogène, faible ou nulle, est moindre que dans l'écorce, et que dans celle-ci c'est la région moyenne, dont l'action amylogène, parfois nulle, est la moins accusée. Dans la moelle la zone périphérique est la plus active et renferme souvent seule des grains composés. En tenant compte de ces faits dans l'examen des embryons, il est possible d'observer soit dans l'écorce, soit dans la moelle, des différences accentuées de réaction amylogène entre les plastes de deux cellules contiguës (cette réaction pouvant être nulle dans l'une d'elles) de sorte que, si l'on admet que la diffusibilité facile du sucre uniformise la concentration de ce corps entre ces cellules, on arrive à cette conclusion qu'il existe, entre leurs plastes, une différence accusée d'excitabilité amylogène vis-à-vis d'un même taux de sucre.

Si opérant toujours sur des embryons à réaction amylogène faible on augmente l'intensité dès l'excitation en élevant artificiellement le taux de sucre de la cellule, on éveille l'activité amylogène d'un plus grand nombre de plastes, et l'on détermine la production de grains composés plus abondants. On peut réaliser l'expérience ($t = 10°$) en comparant sur des coupes voisines de la section les deux parties d'un embryon (sans cotylédons) partagé transversalement après 18 à 24 heures de séjour sur le buvard humide (et choisi à ce moment à réaction amylogène faible) l'une des parties étant ensuite disposée pendant 12 à 24 heures sur une solution de glucose à 5 pour 100. On peut aussi opérer de la même façon, en comparant la partie radiculaire à la partie gemmulaire, qui reste attachée aux cotylédons, ou ne laisser encore qu'un seul cotylédon et comparer dans la partie gemmulaire les cellules de la face insérée sur le cotylédon subsistant à celles de la face opposée.

En résumé, il ressort principalement de ce qui précède que les plastes d'une même cellule peuvent présenter des variations individuelles d'excitabilité amylogène, et que deux cellules contiguës peuvent se distinguer par une excitabilité amylogène générale différente de leurs plastes vis-à-vis d'un même taux de sucre.

BOTANIQUE. — *Formations mycorhiziques dans une Hépatique à thalle* (Lunularia vulgaris *Micheli*). Note de M. G. NICOLAS, présentée par M. Marin Molliard.

Le *Lunularia vulgaris* Micheli (*L. Cruciata* Dum.), Marchantiacée indigène de l'Europe occidentale et méridionale, commune notamment dans la région méditerranéenne, mais répandue à peu près sur tous les continents, est représenté partout par une forme stérile, à propagules; ce n'est qu'exceptionnellement que cette Hépatique donne des individus mâles ou femelles et qu'elle produit des sporogones, dans des conditions encore mystérieuses pour nous; c'est le cas, d'ailleurs, de beaucoup d'autres Bryophytes. Il semble même que, des deux formes sexuées, ce soit la forme mâle qui soit la plus rare. Ayant eu l'occasion d'observer, à Toulouse, l'abondance d'individus à anthéridies mélangés à des thalles propagulifères et cherchant à préciser les conditions qui permettent un développement abondant de cette forme, si exceptionnelle ailleurs, il m'a été donné de faire l'observation qui fait l'objet de cette Note.

Certains thalles mâles sont remarquables par la présence d'un mycélium présentant tous les caractères de celui des mycorhizes endotrophes. Le fait n'est pas nouveau et a déjà été signalé chez différentes Marchantiacées, par Golenkin [1] dans les espèces suivantes :

Preissia commutata, *Marchantia palmata et paleacea*, *Fegatella conica*, *Targionia hypophylla*, *Plagiochasma elongatum*, à l'exclusion de beaucoup d'autres, notamment du *Lunularia*, par Beauverie [2] dans le *Fegatella conica* et par Gallaud [3] dans la même espèce et dans le *Marchantia polymorpha*. Dans ces Hépatiques, le mycélium, qui n'envahit jamais le tissu chlorophyllien de la face supérieure, occupe une ou deux bandes parallèles à la nervure ou une zone périphérique voisine de l'épiderme inférieur. En ce qui concerne le *Lunularia*, Kny [4] mentionne l'existence

(1) GOLENKIN, *Die Mycorrhiza-ähnlichen Bildungen der Marchantiaceen* (*Flora*, t. 90, 1902, p. 208-220).

(2) BEAUVERIE, *Étude d'une Hépatique à thalle habité par un champignon filamenteux* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 616-618).

(3) GALLAUD, *Étude sur les mycorhizes endotrophes* (*Revue générale de Botanique*, t. 17, 1905).

(4) KNY et BOTTGER, *Ueber eigentümliche Durchwachsungen an den Wurzelhaaren zweier Marchantiaceen* (*Verh. der. Bot. Ver der. Prov. Brandenburg*, 1879).

dans les rhizoïdes lisses d'un mycélium stérile, qu'il faut vraisemblablement rapporter à mon avis et conformément aux observations de Kamerling [1] sur le *Fegatella*, à des prolongements des cellules voisines de la base du rhizoïde, qui s'invaginent dans l'intérieur de celui-ci, s'y allongent et constituent un deuxième et quelquefois un troisième rhizoïde inclus dans le premier; Gallaud [2] indique simplement, sans aucun autre renseignement, qu'il a constaté l'infection d'un *Lunularia*.

Les formations mycorhiziques, que j'ai observées dans les thalles mâles de *Lunularia*, constituent — c'est le cas le plus fréquent, rappelant le *Targionia* et le *Plagiochasma*—une bande plus ou moins épaisse (2 à 6 assises de cellules) occupant toute la largeur de la nervure et parallèle à l'épiderme inférieur, dont elle est séparée par quelques assises de cellules indemnes, riches en amidon, alors que celles qui sont infectées en sont dépourvues. Dans d'autres thalles mâles, mais très rares, le mycélium au lieu d'être localisé dans une région bien définie, est réparti dans des cellules isolées dans tout le thalle, sauf dans le tissu chlorophyllien qui n'est jamais envahi. Il est possible que ces deux types de formations mycorhiziques soient dus à deux champignons différents. L'infection se fait surtout par les rhizoïdes lisses; de ceux-ci, les filaments mycéliens se propagent en traversant les assises sous-épidermiques, jusqu'aux cellules dans l'intérieur desquelles ils peuvent se développer, prendre leurs caractères bien connus (arbuscules et sporangioles) et envahir le thalle dans toute sa longueur, sauf au voisinage du point végétatif.

Tous les thalles stériles, à propagules seulement, que j'ai observés jusqu'à maintenant, sont dépourvus de mycélium.

Ces observations, venant s'ajouter à celles de Golenkin [3], relatives, d'une part, à la présence d'un champignon dans des Marchantiacées fructifiées ou tout au moins sexuées, mâles ou femelles, d'autre part, à l'absence de celui-ci précisément dans des individus stériles, m'avaient d'abord laissé penser à une symbiose nécessaire à la formation des anthéridies et des archégones, à la fructification. Le champignon n'agirait-il pas à la façon de celui des Orchidées par l'accroissement de concentration du suc cellulaire, par l'élévation de la pression osmotique, condition éminemment favorable, comme l'a montré expérimentalement Klebs pour les champignons, à la

---

(1) Kamerling, *Zur Biologie und Morphologie der Marchantiaceen* (*Flora*, t. 84, 1897, p. 1-68).

(2) *Loc. cit.*, p. 77.

(3) Golenkin, *loc. cit.*, p. 215.

formation des organes reproducteurs? Cette hypothèse séduisante, qui aurait contribué à expliquer la répartition si fantaisiste, semble-t-il, des formes sexuées, a dû être abandonnée, car l'examen de nouveaux thalles à anthéridies, provenant de la même station que les précédents, n'a révélé l'existence d'aucun mycélium. Sans avoir la généralité ni l'importance biologique que je lui avais d'abord attribuée, la présence d'un mycélium mycorhizique dans certains thalles mâles de *Lunularia* n'en constitue pas moins un nouvel exemple certain parmi les Marchantiacées.

Les avis sont très partagés relativement à la nature de l'association formée par une Hépatique et un champignon, exception faite pour les cas extrêmes, comme celui de l'*Aneura*, signalé par Denis, — parasitisme, pour les uns (Bolleter, Nemec, Garjeanne, Peklo), elle serait, pour d'autres (Beauverie, Golenkin), une symbiose. Dans le cas du *Lunularia*, les thalles infestés ne se distinguent pas macroscopiquement de ceux qui sont sains; ils ne paraissent pas souffrir de la présence du champignon. S'il y a parasitisme, il est bien inoffensif; je croirais beaucoup plus volontiers à une symbiose, mais à une *symbiose accidentelle*, comme celle de la plupart des Marchantiacées, sauf le *Fegatella*, où la présence constante [1], semble-t-il, du champignon est peut-être en relation avec la production des tubercules, organes de multiplication qui remplacent les propagules; l'idée de symbiose s'accorderait, d'ailleurs, parfaitement avec le rôle que jouerait le mycélium dans l'évolution des spores du *Fegatella*, qui, d'après Cavers [2], germeraient mieux et en plus grand nombre avec des champignons que sur un sol stérilisé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination des graines de* Lathræa clandestina *L.* Note de M. E. **Chemin**, présentée par M. Molliard.

D'après Heinricher [3], les graines de *Lathræa clandestina* ne germent qu'au voisinage immédiat d'une plante nourricière; le réveil de l'activité

[1] Bolleter [*Fegatella conica*. Eine morphologische-physiologische Monographie (*Beihepte zum bot. Centralblatt*, 1905, p. 389)] signale, cependant, l'absence de mycorhizes dans les *Fagetella* qui croissent sur les tufs calcaires.

[2] Cavers, *On the Structure and Biology of* Fegatella conica (*Annales of Botany*, t. 18, 1904, p. 87-120.

[3] E. Heinricher, *Die Keimung von « Lathræa »* (*Ber. der Deutsch. Bot. Gesellschaft*, 1894).

vitale est provoqué par une action chimique des substances de l'hôte; et il ajoute que les graines paraissent avoir une notion exacte de l'état de vitalité de l'hôte.

A propos du développement des suçoirs, le même auteur (1) invoquait aussi la nécessité d'une excitation de nature chimique déterminée par des substances émises par une racine vivante. J'ai montré ailleurs (2) que le contact d'un corps étranger quelconque, racine vivante, racine morte ou corps inerte, pouvait provoquer la formation des suçoirs; une excitation mécanique est suffisante, et il n'est pas nécessaire d'avoir recours à l'action de substances non isolées jusqu'ici.

Si des substances chimiques, de nature hypothétique, n'interviennent pas dans la formation des suçoirs, peut-on leur attribuer un rôle dans le réveil de l'activité de l'embryon, qui, au début, ne se nourrit que des réserves accumulées dans la graine? L'embryon ne commencerait-il son développement que lorsqu'il aurait la certitude de pouvoir le continuer? Ne consentirait-il à digérer les réserves qui l'entourent que lorsqu'il aurait l'intuition qu'au bout de quelque temps (de plusieurs mois en l'espèce, et pendant cette durée les circonstances ne peuvent-elles changer) il recevrait d'une plante étrangère le secours indispensable? Préférerait-il la destruction totale et fatale à une tentative de développement même infructueuse?

A ces questions, l'expérience peut seule répondre. Je ne ferai pas ici l'étude critique des expériences de Heinricher, je relaterai seulement les miennes.

Le 21 mai 1923 des fruits mûrs, non éclatés, furent prélevés sur des pieds de *Lathræa clandestina* repérés deux mois plus tôt, au moment de la floraison, aux Essarts-le-Roi (S.-et-O.); ils furent enfermés dans un flacon avec un peu de mousse. Quelques jours après les graines étaient libérées et, sans avoir subi une dessiccation appréciable, une dizaine d'entre elles furent mises en germination. Les unes furent placées dans un vase rempli de terre bien arrosée; les autres furent mises sur de l'ouate imbibée d'eau et recouvertes d'une cloche pour maintenir l'humidité.

Le 15 juillet quelques graines, envahies par des moisissures, pourrissaient; elles furent enlevées. Les autres, au nombre de quatre, étaient intactes sans apparence de germination. Deux furent maintenues sur l'ouate, les deux autres furent enlevées de la terre, où il aurait été difficile de maintenir une humidité suffisante pendant la

---

(1) E. HEINRICHER, *Anatomischer Bau und Leistung der Saugorgane der Schuppenwurz-Arten* (*Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 1895).

(2) E. CHEMIN, *Observations anatomiques et biologiques sur le genre* Lathræa, 1920.

période des vacances, et placées dans du coir (déchets de fibres de noix de coco) que les jardiniers utilisent fréquemment pour la germination des graines.

Fin septembre, les quatre graines étaient en voie de développement; sur l'ouate, la sortie de la racine était apparente; dans le coir, les racines se devinaient à la difficulté de soulever les graines.

Le 24 octobre elles furent enlevées de leur milieu, nettoyées et examinées. La racine principale, jaunâtre de 1^{mm} de largeur à l'origine, atteignait de $1^{cm},5$ à 3^{cm} de longueur suivant les individus; elle était abondamment ramifiée sur les plus longs. Le bourgeon feuillé était encore inclus à l'intérieur de la graine.

Des coupes faites dans la germination la plus avancée (racine de 3^{cm} de longueur) ont montré qu'à ce moment tout l'albumen n'était pas digéré, il restait encore sur les parois une dizaine d'assises cellulaires d'une épaisseur totale de $0^{mm},5$ à $0^{mm},7$. Le développement eût donc pu se continuer sans l'assistance d'une plante étrangère. D'ailleurs une autre germination, dont la racine n'avait fin octobre que $1^{cm},5$ a été replacée dans un mélange de terre et de coir; son développement s'est poursuivi, et le 10 décembre la racine atteignait 4^{cm} de longueur et présentait de nombreuses ramifications.

Les graines de Lathræa clandestina *peuvent donc germer sans l'intervention d'une racine étrangère*. Le développement de l'embryon est lent; il ne se manifeste qu'au bout de plusieurs mois. Les réserves sont suffisantes pour permettre à la racine d'atteindre une racine étrangère dans un rayon de 4^{cm} environ et de s'y fixer.

PHYSIOLOGIE. — *Effets des actions mécaniques portant sur la chaîne du nerf sympathique comparés aux effets de l'excitation électrique.* Note [1] de MM. **Auguste Tournay** et **Édouard Krebs**, présentée par M. Charles Richet.

Poursuivant ses recherches expérimentales sur le sympathique [2], l'un de nous a été conduit, en partie par des constatations qu'il avait pu faire en observant des blessés de guerre, à vérifier quelles pouvaient être, comparativement aux effets bien connus de l'excitation électrique, les conséquences de diverses actions mécaniques portées sur la chaîne du nerf grand sympathique.

Dans la première série d'expériences que nous avons entreprises à cet égard, nous nous sommes bornés à reproduire intentionnellement, sous des

---

(1) Séance du 2 janvier 1924.

(2) Auguste Tournay, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 939.

modes un peu variés, les conditions d'une expérience que Claude Bernard semble avoir réalisée d'une manière occasionnelle, et qu'il relate sans commentaires, mais explicitement, en ces termes (¹) :

Expérience (19 janvier 1864). — Sur un lapin, chez lequel on avait coupé à gauche le filet du grand sympathique depuis sept jours, ... on isola le nerf sympathique du côté droit dans la région du cou, et l'on passa un fil au-dessous de lui. Par le seul fait de cet isolement du nerf et de son tiraillement, le thermomètre placé dans l'oreille était monté de 22° à 35°.

Alors, sans couper le nerf sympathique, on le galvanisa en le soulevant sur un fil; cette galvanisation fit descendre rapidement la température de l'oreille de 35° à 30°.

La plupart des expériences que nous avons pratiquées ont porté sur le sympathique abdominal du chien, la chaîne étant abordée par incision latérale et par voie rétropéritonéale, à hauteur des troisième et quatrième vertèbres lombaires. De façon globale, l'observation des effets était suivie à l'aide d'un dispositif thermo-électrique, à peu près identique à celui qu'utilisait Cl. Bernard; deux aiguilles étaient fichées symétriquement dans les pattes postérieures, au tiers moyen de la jambe, et couplées avec le galvanomètre. L'installation était montée de telle manière que le repère lumineux, projeté pour la lecture sur une règle graduée, déviait vers la droite, lorsque se produisait une différence de température au bénéfice de la patte du côté en expérience.

Voici ce qu'il nous a été donné de constater, avec plus ou moins de netteté et d'intensité selon les cas, mais sans contradictions ni discordances :

1° Conformément aux données classiques, l'*excitation électrique* de la chaîne sympathique provoque un abaissement de température qui n'est que temporaire, suivi de retour vers le degré initial et même au delà, la *section* de la chaîne une élévation de température qui s'accentue rapidement et qui dure.

2° Les *actions mécaniques* portant sur la chaîne — compressions, tiraillements au cours de la découverte du nerf ou quand on le charge sur un excitateur, et surtout, systématiquement, les pincements (6 à 8 pincements répétés, pratiqués sans brutalité avec une pince à dissection) — sont suivies, après une très petite période latente, d'une élévation de température habituellement rapide et qui peut être très importante, supérieure à la différence provoquée électriquement.

Mais ce changement n'est que temporaire. Au bout de quelques instants,

(¹) Cl. Bernard, *Leçons sur la Phys. et la Path. du Système nerveux*, t. 2, p. 516.

la température revient graduellement vers le degré initial, résultat qui du même coup permet de vérifier, semble-t-il, que l'action mécanique ainsi exercée n'a pas eu pour conséquence la section ou la destruction des fibres nerveuses.

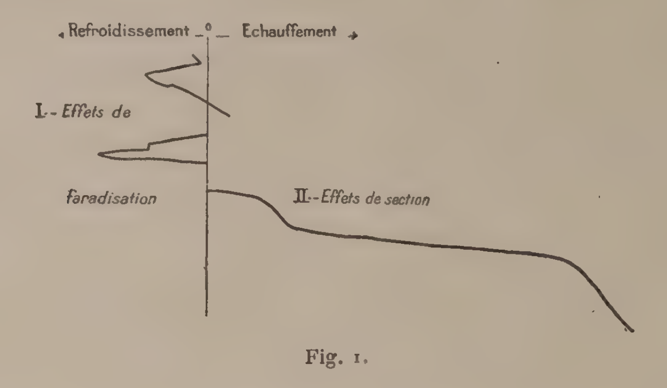


Fig. 1.

3° Jamais la section de la chaîne ne détermine, avant l'échauffement durable, d'abaissement de température, si bref et si minime que ce soit.

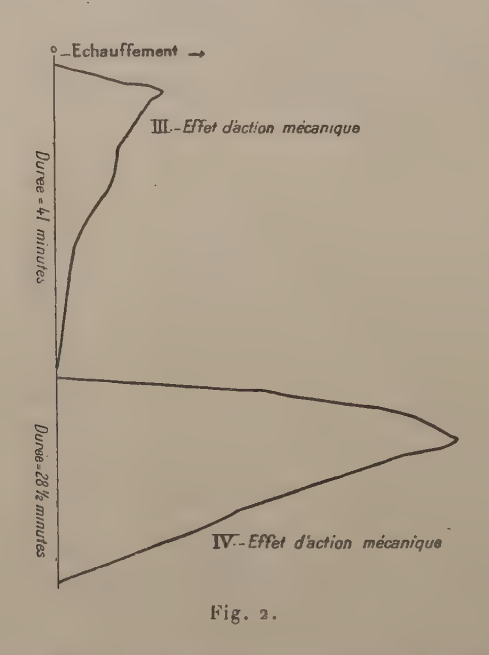


Fig. 2.

Assez souvent, l'excitation électrique, à laquelle s'associe peut-être une petite action mécanique, est d'abord suivie d'une légère élévation de température, avant que se marque l'effet d'abaissement.

Les graphiques ci-contre, dressés d'après des résultats d'expériences, reproduisent la forme et la durée des phénomènes.

On sait, en ce qui concerne les nerfs du système cérébro-spinal, que les actions mécaniques exercées sur les nerfs moteurs provoquent, tout comme l'électrisation, des contractions dans les muscles et qu'à l'aide de dispositifs appropriés on a pu reproduire toute une gamme d'effets mécaniques comparables à ceux de l'excitation électrique. Le sympathique paraît se comporter différemment : les changements, produits par les actions mécaniques portant sur sa chaîne, sont *en sens inverse* des effets de l'électrisation, et *de même sens* que ceux de la section.

BIOLOGIE. — *Les besoins nutritifs sont-ils les mêmes pour les deux sexes durant la croissance?* Note de M. H. **Simonnet**, présentée par M. Henneguy.

On possède peu de renseignements sur les besoins alimentaires comparés du mâle et de la femelle au cours de la croissance. L'emploi de régimes naturels, abondants et variés, ne permet pas de saisir de différences à cet égard; seule, l'utilisation de régimes limités et uniformes, qu'ils soient naturels ou artificiels, pose ce problème, aussi bien dans le domaine de l'alimention pratique que dans celui de la physiologie pure.

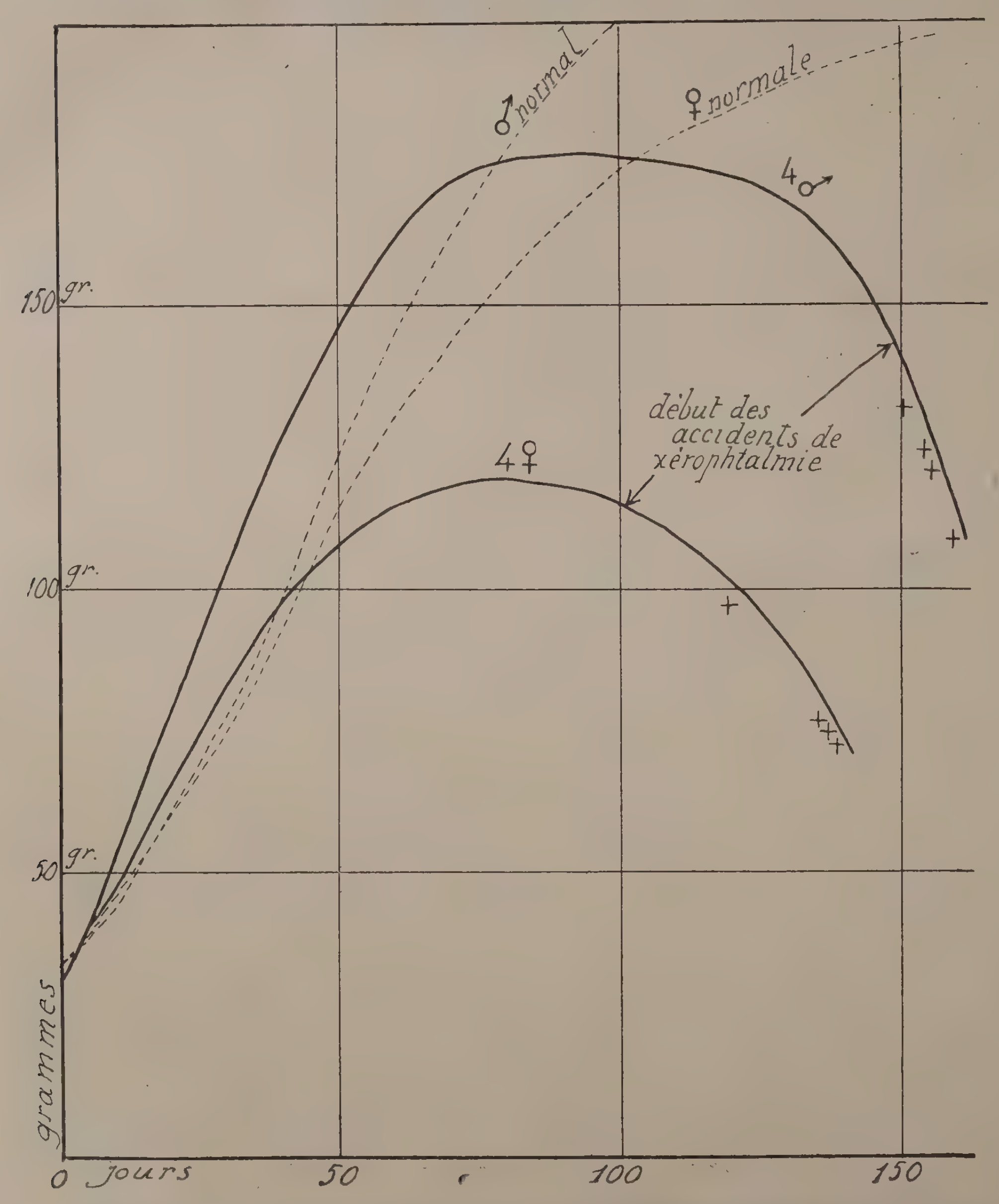
Les expériences rapportées dans cette Note montrent simplement la réalité d'un tel problème sans préjuger du mécanisme du phénomène observé. Elles portent sur le Rat, espèce à développement rapide, qui accepte volontiers les régimes uniformes ou supporte aisément des modifications étendues de leur composition. Le dimorphisme sexuel est peu accusé dans cette espèce et se manifeste presque uniquement par l'inégal développement corporel des représentants des deux sexes. C'est ce criterium qui a été adopté. On pourrait, dans cette espèce, en rechercher d'autres, plus particuliers. Des espèces différentes pourraient être utilisées.

Plusieurs expérimentateurs, Matill et Conklin [1], Matill et Stone [2], ont constaté qu'avec certains régimes exclusifs (régime lacté) le développement des mâles se fait normalement, tandis que celui des femelles est retardé. Cette différence s'atténue quand la proportion de lait diminue au profit d'aliments ternaires (fécule, matières grasses).

---

(1) *Journ. Biol. Chem.*, t. 44, 1920, p. 137.
(2) *Journ. Biol. Chem.*, t. 55, 1923, p. 443.

En 1922 [1], j'ai attiré l'attention sur des faits du même ordre, observés chez des animaux soumis à des régimes pauvres en facteur A.



L'expérience suivante en est un nouvel exemple typique. Huit jeunes Rats, quatre mâles et quatre femelles d'une même portée, sont soumis, à l'âge

(1) *Bull. Soc. Sc. Hyg. Alim.*, t. 10, p. 361.

de 30 jours, au régime suivant : peptone pancréatique de muscle : 20 parties; mélange salin (Osborne et Mendel) : 4 parties; saccharose : 76 parties. Ils reçoivent, en outre, par tête et par jour : huile d'olives lavée à l'alcool : 3 gouttes (au compte-gouttes normal); extrait alcoolique de levure de bière purifié : $0^g,20$. Les deux courbes ci-contre représentent respectivement la moyenne arithmétique du développement pondéral des mâles et des femelles. Elles révèlent des différences sensibles entre la manière d'être des représentants des deux sexes, différences qui se manifestent :

1° Par *l'inégal développement pondéral moyen des mâles et des femelles.*

A partir du 30e jour d'expérience, le développement des femelles se ralentit très rapidement, tandis que celui des mâles se poursuit normalement et ne commence à se ralentir qu'au 60e jour d'expérience.

La courbe de développement des femelles ne présente pas de plateau et décroît rapidement; celle des mâles offre un plateau assez prolongé (60 jours) et décroît ensuite rapidement.

L'écart entre les poids moyens de ces animaux croît au cours de l'expérience et atteint son maximum au 60e jour.

2° Par *l'écart entre le début des accidents de xérophtalmie* dans les deux groupes (100e jour pour les femelles, 150e jour pour les mâles).

3° Par *l'inégalité de la survie* (120-140 jours pour les femelles, 150-160 jours pour les mâles).

Ces particularités m'ont engagé à tenter de préciser le déterminisme de cette sensibilité des femelles. Des recherches en cours semblent montrer qu'elle dépend d'un certain nombre de facteurs dont les principaux sont : l'âge de l'animal au début de l'expérience, la nature du régime et son degré de carence avant l'expérience.

PHARMACOLOGIE. — *Sur les propriétés hypnotiques de l'hydrobenzoïne et de ses homologues alcoylés (diarylglycols symétriques). Relations entre l'activité physiologique et le poids moléculaire.* Note [1] de MM. **M. Tiffeneau** et **C. Torres**, présentée par M. Ch. Richet.

A la suite de l'étude entreprise par l'un de nous, en collaboration avec M. Dorlencourt [2], sur les propriétés hypnotiques des aryldialcoylglycols,

---

[1] Séance du 2 janvier 1924.

[2] Tiffeneau et Dorlencourt, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1343.

nous avons été amenés à étudier les diarylglycols et à constater que l'hydrobenzoïne et ses homologues (diarylglycols symétriques) sont doués de propriétés analogues. Toutefois, comme ces glycols sont peu solubles dans l'eau, leur action hypnotique sur les mammifères ne peut que difficilement être mise en évidence. Il n'en est plus de même sur les poissons dont la sensibilité aux hypnotiques est des plus grandes et qui se prêtent ainsi à une étude systématique en série.

Comme dans les recherches antérieures, nous avons pris comme test l'immobilité complète (c'est-à-dire persistant après excitation mécanique) des nageoires dorsales et caudales de l'épinoche, et nous avons déterminé, soit les dilutions qui produisent cette immobilité en un temps limité (5 à 7^m), soit les temps nécessaires pour obtenir le même effet avec les mêmes dilutions. Nous avons également noté les temps nécessaires pour le retour à l'intégrité complète. Les homologues examinés sont au nombre de 7 et ils s'échelonnent depuis le terme en C^{14} jusqu'à celui en C^{19}.

1° *Étude du pouvoir hypnotique en fonction de la concentration.* — Nous avons rassemblé dans le Tableau ci-dessous les résultats de nos recherches.

Nombre d'atomes de carbone.	Diarylglycols.	Concentrations.	Temps en minutes — pour obtenir l'immobilité.	Temps en minutes — pour le retour à l'intégrité.
C^{14}	Hydrobenzoïne	1/10000	4′-6′	10′-13′
C^{15}	Méthylhydrobenzoïne	1/10000	5-7	15-27
C^{16}	Ethylhydrobenzoïne	1/20000	5-7	20-25
C^{17}	Isopropylhydrobenzoïne	1/20000	5-7	40-50
C^{18}	Butylhydrobenzoïne	1/25000	5-7	10-15
C^{18}	Isobutylhydrobenzoïne	1/25000	4-5′30″	10-17
C^{19}	Isoamylhydrobenzoïne	1/50000	12-19	11-15

L'examen comparatif de ces chiffres montre, entre autres constatations [1], que le pouvoir hypnotique des alcoylhydrobenzoïnes croît régulièrement avec le poids moléculaire et inversement à la solubilité dans l'eau (règle de Ch. Richet). Toutefois l'isoamylhydrobenzoïne ne saurait être comparée dans ces conditions; car sa solubilité maximum (1 pour 50000) est trop faible pour produire l'immobilité en moins de sept minutes. Il importe donc de recourir à des concentrations plus faibles mais identiques, et à noter les temps nécessaires pour produire l'action hypnotique.

---

(1) Le premier terme de la série paraît faire exception, comme il arrive souvent pour les propriétés physiques et chimiques des premiers termes des diverses séries en chimie organique. D'autre part les chaînes ramifiées (C^{18}) renforcent le pouvoir hypnotique.

2° *Étude du pouvoir hypnotique en fonction du temps pour une même concentration.* — Nous avons comparé les homologues en C^{17}, C^{18} et C^{19} à la concentration de 1 pour 50000 et nous avons constaté que, contrairement à la règle de Ch. Richet, C^{19} est moins actif que ses homologues inférieurs. Il existe donc, comme nous l'avons déjà constaté dans d'autres séries [1], une limite à partir de laquelle le pouvoir hypnotique diminue. Toutefois il faut noter que ce pouvoir dépend de deux facteurs : 1° l'affinité de la substance pour la cellule nerveuse centrale; 2° la concentration de cette substance dans le milieu circulatoire, concentration qui est elle-même conditionnée par la perméabilité et l'absorption au niveau des branchies. Comme il se pourrait que dans les résultats ci-dessus le second facteur seul soit déficient, nous avons songé à augmenter l'absorption en recourant à un artifice déjà préconisé par MM. Portier et Lopez Lomba [2], c'est-à-dire en ajoutant à la solution aqueuse une certaine quantité de sels biliaires.

Nous avons opéré, comme dans nos autres essais, à une température constante de 26 mais en ajoutant par litre de liquide 72 gouttes de solution de sels biliaires Poulenc à 8 pour 100.

On constate dans ces conditions que pour une même concentration à 1 pour 50000 l'isoamyl (C^{19}) produit l'immobilité en 6 à 7 minutes, alors qu'avec le butyl et l'isobutyl (C^{18}) il faut respectivement 9 à 11 et 8 à 9 minutes. On retrouve les mêmes rapports lorsque l'on fait varier la concentration de façon à obtenir l'immobilité en un temps donné (7 à 8 minutes); il suffit dans ce cas d'une concentration à 1 pour 50000 de l'isoamyl (C^{19}), alors qu'il faut le titre de 1 pour 30000 avec le butyl.

Conclusions. — Le pouvoir hypnotique des alcoylhydrobenzoïnes pour les poissons croît régulièrement en fonction du nombre d'atomes de carbone, c'est-à-dire du poids moléculaire et en raison inverse de la solubilité dans l'eau [règle de Richet [3]]. Il existe une limite de solubilité au-dessus de laquelle, contrairement à cette règle, le pouvoir hypnotique décroît; mais cette anomalie est uniquement due à une absorption trop restreinte. Par l'addition de sels biliaires, qui augmentent cette absorption, la règle de Richet se vérifie pleinement.

---

(1) Tiffeneau, Dogny et Sommaire, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, t. 5, mars 1923, p. 179.
(2) Portier et Lopez Lomba, *C. R. Soc. Biol.*, t. 87, 2 décembre 1922, p. 1165.
(3) Ch. Richet, *C. R. Soc. Biol.*, t. 45, 1893, p. 775.

PISCICULTURE. — *La répartition géographique de* Branchiura Sowerbyi *et son rôle en économie piscicole.* Note de M. L. **Léger**.

Le *Branchiura Sowerbyi* Bedd. ou Lombric à panache est un curieux ver, Oligochète tubificide de 10 à 12^{cm} de long, pourvu postérieurement de nombreuses branchies filamenteuses mobiles. Sa couleur rouge orangé dans la région génitale passe au rouge vineux foncé puis au rose sur le reste du corps. L'histoire de sa répartition géographique est fort intéressante.

Découvert par Beddard en 1892 dans les bassins à *Victoria regia* de Londres et retrouvé ensuite dans les bassins des jardins de Hambourg par Michaelsen en 1908, il était jusque-là considéré comme une rareté zoologique d'importation exotique lorsque L. Perrier signala en 1909 qu'il en avait trouvé en grande quantité dans les lônes du Rhône en amont de Valence, deux années auparavant.

Cette année, Hesse et Paris (1923) l'ont rencontré en grand nombre dans le canal de Bourgogne et même dans la Saône aux environs de Saint-Jean-de-Losne où je les ai moi-même observés. Depuis lors j'ai rencontré à mon tour deux stations nouvelles et fort populeuses du Lombric à panache en une région bien différente des précédentes, au sud-est du Rhône.

La première station est au lac du Bourget, dans la zone littorale subvaseuse du grand port, à Aix-les-Bains où les Branchiures, de belle taille (14 à 15^{cm}), se montraient nombreux dans la vase littorale sous une faible couche d'eau, lors d'une baisse considérable du lac.

La seconde station fut rencontrée en Dauphiné aux environs de Grenoble, dans un bassin creusé jadis en manière de rivière artificielle et alimenté par un canal dérivé d'un torrent alpin qui y laisse déposer une vase fine et noirâtre d'apparence stérile. Or ce fond vaseux nous apparut littéralement tapissé de Branchiures lors d'une récente mise à sec en vue d'un curage et nous pûmes y recueillir, au milieu de sujets de toutes tailles, de nombreux individus sexuellement mûrs.

Les stations de Branchiures connues aujourd'hui en France, bien que localisées en des points très différents, appartiennent donc toutes au bassin du Rhône et il y aurait lieu de rechercher cet Annélide en d'autres régions où il a bien pu échapper à l'observation en raison de son habitat en eau profonde, de son extrême sensibilité et de la rapidité de ses mouvements qui le font se rétracter au moindre contact.

L'intérêt de ces recherches n'est pas purement zoologique, car les Branchiures, qui vivent en troupes nombreuses dans des fonds vaseux généralement impropres à tout autre animal aquatique, sont susceptibles de jouer un rôle important en économie piscicole, en raison de leur active multiplication et de leur haute valeur nutritive pour les poissons, qui en sont fort friands ainsi que l'ont également signalé Hesse et Paris.

C'est ainsi que dans la dernière station découverte prospéraient, grâce à cette nourriture insoupçonnée, de nombreux Cyprinides, bien que la teneur des eaux en plankton et en faune littorale fût infiniment faible et nullement en rapport avec ce fort rendement. Or on sait avec quelle avidité les Carpes et les Tanches recherchent en été la faune alimentaire au fond des étangs, et c'est là précisément qu'ils trouvaient en abondance les Branchiures dont les stations populeuses leur fournissaient un véritable pâturage vivant. C'est dire tout le parti qu'on pourrait retirer, au point de vue piscicole, des étangs à fonds vaseux généralement très pauvres, si l'on réussissait à y acclimater et cultiver en quelque sorte les Branchiures. Nous poursuivons actuellement des essais dans cette voie à l'Institut de Pisciculture de Grenoble et les premiers résultats obtenus nous semblent des plus encourageants.

ENTOMOLOGIE. — *Le Termite de Saintonge.*
Note (¹) de M. J. **Feytaud**, présentée par M. P. Marchal.

C'est à Rochefort que les dégâts des Termites furent signalés tout d'abord en France. Leur apparition était attribuée à des navires venant du Nouveau Monde (²). Le hasard voulut que, vers la même époque, Latreille observât, dans les souches de pin de la région bordelaise, l'espèce décrite par Rossi sous le nom de *lucifugum*. Le célèbre entomologiste attribua tout naturellement à cette espèce les ravages dont se plaignaient les habitants de Rochefort.

Audouin vers 1830, Milne-Edwards et Émile Blanchard après 1840, observent sur place les dégâts qui se révèlent successivement en plusieurs autres villes de la Charente-Inférieure (La Rochelle, Saintes, Saint-Savinien, Tonnay-Charente). Aucun ne met en doute qu'il s'agisse du même Termite qu'aux environs de Bordeaux.

Cependant Boffinet (1842), recueillant des observations dans le bourg de

(¹) Séance du 26 décembre 1923.
(²) Bobe-Moreau, *Mémoire sur les Termites observés à Rochefort* (Saintes, 1843).

Saint-Savinien (1), constate que les ailés ne répondent pas au type *lucifugum* décrit dans le *Cours d'Histoire naturelle* de Blanchard, et Bobe-Moreau, travaillant à Rochefort vers la même époque, se demande s'il ne s'agirait pas du Flavicolle (*Calotermes flavicollis* Fabr.). C'est aussi l'idée de de Quatrefages (2), qui s'appuie sur deux arguments biologiques : les essaimages observés en mars par Bobe-Moreau, tandis que Latreille les indique en juin, et les grands ravages constatés dans les villes de Saintonge et d'Aunis à l'exclusion des autres. L'opinion de de Quatrefages détermine celle de Lespès (3). Mais les arguments qu'ils invoquent sont fragiles et l'extension rapide des ravages dans les villes du Sud-Ouest (4) fait bientôt tomber tous les doutes, affermissant comme un dogme les dires de Latreille et Blanchard et reléguant au rang des erreurs scientifiques l'observation de Bobe-Moreau.

C'est ainsi que depuis plus d'un demi-siècle, nos Termites sont considérés comme représentant une espèce constante des Pyrénées aux Sables-d'Olonne.

L'identité des formes était tellement indiscutée, classique en quelque sorte, au moment où j'abordai l'étude anatomique du Termite lucifuge, qu'il ne me vint pas à l'idée de faire une comparaison entre les sujets de Bordeaux et de la Rochelle. Mais lorsque, après la guerre, j'étendis le programme de mes recherches biologiques tout en cherchant à délimiter l'aire géographique de l'espèce, je fus frappé de voir cette aire s'étendre beaucoup vers l'Est dans le Lot-et-Garonne et la Dordogne (Villeneuve-sur-Lot, Bergerac, Périgueux), tandis qu'au nord de la Gironde elle s'éloignait peu de l'Océan. J'avais noté d'ailleurs la rareté des attaques de plantes vivantes dans les jardins, les vergers et les champs de la région garonnaise, contrastant avec les observations de Bobe-Moreau, de Quatrefages et de Chaine (5) qui, à trois époques et sur différents points de la Charente-Inférieure (Rochefort, la Rochelle, Fouras, Taillebourg, etc.),

---

(1) Boffinet, *Recherches sur les Termès de la Charente-Inférieure* (*Recueil de la Société d'Agriculture de Saint-Jean-d'Angély*, 1842).

(2) De Quatrefages, *Notes sur les Termites de la Rochelle* (*Ann. Soc. nat. Zool.*, 3e série, vol. 20, 1853).

(3) Lespès, *Recherches sur l'anatomie et les mœurs du Termite lucifuge* (*Ann. Soc. nat. Zool.*, 4e série, vol. 5, 1856).

(4) Gassies, *De l'introduction des Termites dans la ville de Bordeaux* (*Actes Soc. Linn. de Bordeaux*, 1855).

(5) Chaine, *Termites et Plantes vivantes* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1910).

ont constaté des dégâts très nets et très étendus dans les cultures les plus diverses.

Les Termites que je recueillis en Saintonge pendant l'été de 1921 m'ont paru comme à Blanchard identiques à ceux de Bordeaux. Mais cela n'était pas probant, puisque la plupart des *Reticulitermes* n'offrent entre eux que des différences insignifiantes à l'état d'ouvriers et de soldats.

Grâce à l'obligeance de mes correspondants j'ai pu réunir en 1923 des lots de sexués essaimants de plusieurs provenances (La Rochelle, Saint-Savinien, Saint-Agnant, Tonnay-Charente). L'examen de ces diverses imagos démontre qu'il s'agit bien d'une espèce distincte du Lucifuge. Leur taille est sensiblement plus petite, leurs ailes plus blanches, leur corselet à bords moins arrondis, et leurs pattes sont jaunes à partir de l'extrémité des fémurs.

L'ensemble des caractères m'a fait opter immédiatement pour la désignation spécifique *Reticulitermes flavipes* Kollar; mais l'écartement entre l'œil et l'ocelle, indiqué par les auteurs comme un caractère primordial, me parut infidèle.

Pour avoir des éléments de comparaison, j'ai fait appel à MM. Banks et Snyder qui, dans leur *Revision of the Nearctic Termites* [1], ont décrit quelques espèces nouvelles de *Reticulitermes* peu différentes du *R. flavipes* Kollar, dont les États-Unis sont la contrée d'origine.

La mise en parallèle des spécimens de France avec ceux d'Amérique permet de les identifier en grande partie avec l'espèce type; beaucoup cependant, par leur ocelle moins distant de l'œil, s'apparentent nettement à la forme voisine *R. claripennis*, du Texas et du Mexique, dont Banks fait une espèce à part.

Étant donné ces variations, qui rendent indispensable l'examen détaillé de nombreux lots, j'estime qu'il y a lieu de réserver encore l'appellation définitive de nos Termites charentais, ainsi que le fait de savoir s'ils représentent une seule espèce. Mais j'affirme dès à présent qu'ils sont essentiellement distincts du *lucifugus* de Rossi et très proches du *flavipes* de Kollar, sinon tous conformes à lui.

Ma présente Communication a donc pour but d'établir, non sur de simples arguments biologiques, mais sur un examen comparatif des imagos, qu'il existe bien dans la Charente-Inférieure, ainsi que l'avaient prévu Boffinet et de Quatrefages et contrairement à l'opinion couramment

(1) *Smiths. Instit., U. S. A. National Museum* (Bull. 108, 1920).

admise, un Termite différent de celui des Landes, transporté sans doute de l'Amérique du Nord dans les ports d'Aunis et de Saintonge vers la fin du XVIIIe siècle.

La France possède ainsi au moins deux espèces de *Reticulitermes* : l'une sûrement indigène, l'autre vraisemblablement exotique. Je rendrai compte, par d'autres Notes, de leur répartition réciproque et de l'importance relative de leurs dégâts.

ZOOLOGIE. — *Remarques sur la lobation du rein des Lamantins.* Note de M. **G. Petit**, transmise par M. Ch. Gravier.

En 1787, J. Hunter, signalant les relations qui paraissent exister entre la lobulation rénale et l'adaptation à la vie dans les eaux, constatait que les Lamantins, comme beaucoup d'animaux aquatiques, ont un rein lobulé. Depuis, les auteurs qui ont étudié, sur des individus d'espèce et d'âge divers, la morphologie externe des reins de Lamantins, n'ont apporté que des faits contradictoires (W. Vrolick, 1857; J. Murie, 1874; Von Pelzeln, 1883; F.-E. Beddard, 1897). Il résulte, en effet, de leurs constatations que les Lamantins pourraient avoir un rein tantôt superficiellement lobé, tantôt profondément lobé, tantôt absolument lisse.

L'attention n'a généralement pas été attirée sur l'existence de ces différences morphologiques. Cependant F.-E. Beddard s'est demandé s'il ne fallait pas attribuer à l'âge les causes de ces variations, tandis que U. Gerhardt (1911) estime qu'elles peuvent être considérées comme des variations spécifiques. Or, cette dernière interprétation ne se vérifie point par la comparaison des données actuelles. Par contre, nos recherches nous permettent d'accorder plus d'attention à l'hypothèse qui veut que la lobation superficielle du rein des Lamantins soit une acquisition due à l'âge.

En effet, en mettant en parallèle, après avoir réuni les observations des auteurs et les nôtres, l'état de la surface des reins des Lamantins et la longueur de ces organes (à défaut de la taille de l'animal qui n'est pas toujours indiquée), nous avons constaté en allant, sans tenir compte de l'espèce, du rein le plus petit au rein le plus grand, que la lobation, qui se manifeste à partir d'un certain stade, s'accentue d'une manière presque générale en même temps qu'augmente la longueur du rein.

S'il faut remarquer que cette interprétation n'a de valeur que dans les limites assez restreintes des cas jusqu'ici observés, il faut reconnaître

qu'elle repose sur des faits anatomiques certains. En effet, d'après nos observations et celles de F.-E. Beddard, le rein des fœtus ou des très jeunes individus (*Manatus senegalensis* Desm.; *M. latirostris* Harlan; *M. inunguis* Natt.) est absolument lisse. Les caractères externes du rein fœtal des Lamantins, de même nature que ceux offerts par le rein fœtal des Platyrrhiniens et des Catarrhiniens, par exemple [1], soulignent donc l'erreur qui consiste à généraliser la notion représentant le rein comme devant passer par un état de lobation fœtale avant d'acquérir la forme simple qu'il a chez l'adulte. Mais il apparaît, d'autre part, que l'acquisition d'une lobation rénale en partant d'un rein fœtal lisse est un processus exceptionnel. Car si le rein fœtal des Platyrrhiniens et des Catarrhiniens est toujours lisse, le rein des mêmes animaux adultes n'est jamais lobé. Si la lobulation du rein du Bœuf s'accentue avec l'âge, du moins cette lobulation est-elle déjà schématisée dans le rein des fœtus. Par contre, il est intéressant de signaler que le rein d'un autre Boviné, l'*Anoa depressicornis* H. Smith, d'après les observations de Heller (1890) sur le fœtus, de E. Lönnberg (1904) sur l'adulte, paraît suivre la même évolution que le rein des Lamantins.

Les remarques qui précèdent ne portent que sur les caractéres extérieurs des reins des Lamantins. Les auteurs, en effet, se sont contentés de noter l'aspect de leur surface et nous ne connaissons aucune description de la structure de ces organes. Or, négliger les caractères de structure conduit à dissimuler la complexité réelle de la question.

En effet, la coupe d'un rein de *Manatus senegalensis* Desm., encore jeune, à surface absolument lisse, nous a révélé une disposition interne nettement lobée, caractérisée par l'envahissement de la substance corticale entourant complètement les pyramides.

Cette disposition, comme le démontrent d'autres faits sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir, doit être considérée comme une disposition secondaire et comme le résultat d'un processus de lobation rénale se poursuivant chez les Lamantins, au cours de l'ontogénie.

En outre, cette lobation rénale, dont l'acquisition paraît être déterminée par certaines conditions biologiques, peut ne se manifester chez les Lamantins que comme une disposition strictement interne. Ceci nous conduit donc à admettre, d'une manière plus générale, qu'une lobulation ou une lobation

(1) Voir A. Anthony et F. Villemin, *La lobation du rein fœtal chez les Primates* (*Comptes rendus*, 30 avril 1923).

superficielle, plus ou moins accentuée, représente souvent un processus complémentaire, de perfectionnement, qui peut ne pas se produire, alors que la structure du rein est celle d'un rein lobé.

Réciproquement, une structure interne, lobée ou lobulée, peut persister alors que disparaissent ou s'atténuent en surface les sillons révélateurs.

Ainsi, le rein des Dugongs, à surface toujours lisse, présente un compartimentage intérieur très complexe, qui équivaut à une lobation. Ainsi, le rein des Éléphants, qui d'un état fœtal plurilobulé paraît passer, chez l'adulte, à un état de conglobation, offre souvent, comme l'ont remarqué divers auteurs (en particulier : L. C. Miall et F. Greenwood, 1879; A. Pettit, 1908), une lobulation qui disparaît en surface par comblement des sillons, alors que la lobulation interne, qu'indique la division du parenchyme en champs polygonaux distincts, se maintient intégralement ou presque.

On peut donc désormais considérer la lobation rénale des Lamantins comme un phénomène très spécial, à caractère complexe et apparaissant suivant deux modalités différentes.

D'une part, une lobation interne qu'il faut considérer comme une acquisition secondaire se manifestant au cours de l'ontogénie. D'autre part, une lobation superficielle, plus tardive, qui vient compléter, en quelque sorte, les dispositions précédentes. Cette lobation superficielle semble s'indiquer et même s'accentuer avec l'âge. Il est vraisemblable en outre de supposer que des variations individuelles, dont les causes sont indéterminables, viennent modifier le degré et l'ampleur de cette lobation. Remarquons que ces variations individuelles, manifestées par une inégalité numérique des lobes, masquent l'évolution générale et normale de l'organe, dans le cas d'un rein dont la lobulation externe est en voie d'accroissement, comme celui du Bœuf, ou d'un rein dont la lobulation externe est en voie de disparition, comme celui de l'Éléphant.

MICROBIOLOGIE. — *Sur deux Bactéries parasites des larves de* Neurotoma nemoralis. Note (¹) de **M. A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Nos recherches sur les maladies microbiennes des Insectes nous avaient amené à conclure que le rôle frénateur des auxiliaires microbiens était géné-

(¹) Séance du 2 janvier 1924.

ralement moins important que celui des Insectes prédateurs et parasites. Nous avons fait des constatations analogues en étudiant les causes naturelles de destruction de *Neurotoma nemoralis* L. dont les larves ou « Fausses-chenilles » vivent en parasites sur Pêchers et autres arbres à fruits à noyau. Sur plusieurs milliers de larves examinées, soit pendant la période de vie active, soit pendant le repos hivernal, nous n'avons pu isoler que deux espèces microbiennes parasites, intéressantes non par le rôle qu'elles peuvent jouer dans la lutte contre la Fausse-chenille, mais par leurs caractères morphologiques et par les réactions biologiques qu'elles provoquent lorsqu'on les introduit dans la cavité générale de certains Insectes.

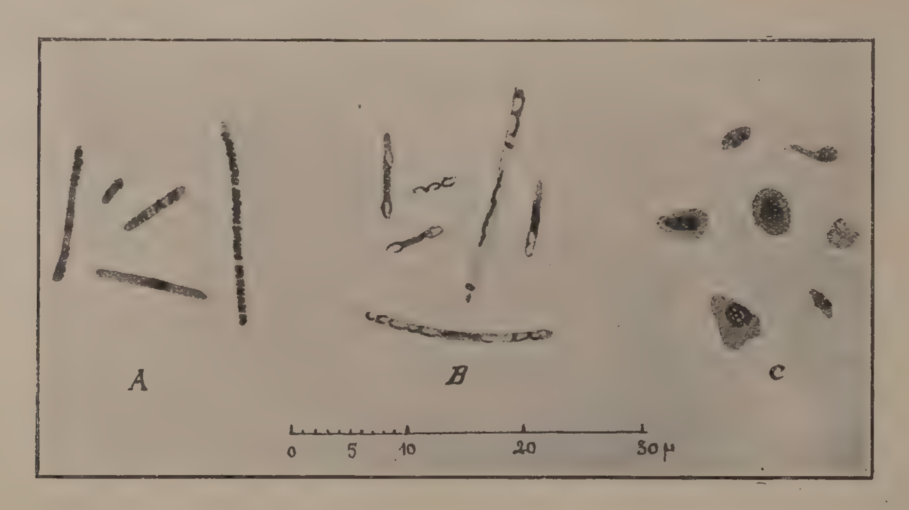
L'une des deux espèces, à laquelle nous donnerons de nom de *Bacillus neurotomæ*, est caractérisée par ses éléments allongés, immobiles non colorables par la méthode de Gram; l'autre espèce est un *Micrococcus* dont les éléments sont souvent cocciformes, non colorables par la méthode de Gram et dépourvus de motilité; nous lui donnerons le nom de *Micrococcus neurotomæ*.

B. neurotomæ cultive bien sur les milieux de culture ordinaires; le trouble apparaît assez tardivement en bouillon à la température de 25°; il ne se forme pas de voile à la surface, mais seulement un anneau à la surface de contact avec le verre; sur gélose ordinaire, la culture est d'aspect jaune brun ; sa consistance est celle d'un mucus très épais. Le Bacille liquéfie la gélatine et digère lentement le sérum coagulé; il ne fait pas fermenter le glycose, le lévulose, le galactose, le lactose, la mannite et le saccharose.

Micrococcus neurotomæ donne des cultures luxuriantes sur tous les milieux; il trouble le bouillon beaucoup plus vite que l'espèce précédente et forme à la surface un voile blanc assez fragile. Sur gélose ordinaire, la culture est épaisse, blanchâtre, de consistance crème épaisse; il ne liquéfie pas la gélatine et ne digère par le sérum coagulé; il ne fait fermenter aucun des sucres cités plus haut.

Au point de vue morphologique, *B. neurotomæ* est une espèce des plus intéressantes : si l'on colore au mélange de Giemsa des Bacilles provenant de culture sur gélose d'âge différent, on met en évidence un véritable système chromatophile dont l'aspect varie avec l'âge de la culture : dans les Bacilles provenant de cultures jeunes la substance chromatophile, plus ou moins nettement différenciée, apparaît sous forme de bandes transversales disposées le plus souvent par paires; les éléments les plus courts, c'est-à-dire les plus jeunes, renferment seulement deux doubles bandes que nous considérons comme des diplocarions; l'allongement de la cellule est accom-

pagné d'une multiplication des diplocarions : on observe ainsi des éléments à 3, 4, *n* diplocarions (*fig*. A). Dans un certain nombre d'éléments, la substance chromatophile est condensée et forme un véritable noyau (*fig*. A). Ce type de structure est le seul que nous ayons rencontré jusqu'ici chez les Bactéries entomophytes. Lorsque la culture est plus âgée, la substance cytoplasmique des éléments bacillaires se vacuolise et la substance chromatophile se condense sous forme de filaments plus ou moins allongés qui épousent souvent la forme des vacuoles et leur servent de bordure (*fig*. B).



Dans les cultures jeunes, on observe qu'une certaine proportion d'éléments se renflent pour donner naissance à des masses plus ou moins volumineuses dans lesquelles la substance chromatophile est condensée : elles prennent ainsi l'aspect de véritables cellules nucléées; mais elles sont dépourvues de vitalité et constituent des formes de dégénérescence. Morphologiquement, la transformation des éléments allongés en masses arrondies est identique à celle dont nous avons signalé pour la première fois l'existence, dans la cavité générale de certaines chenilles inoculées avec divers Coccobacilles. Sans affirmer que la cause qui détermine la dégénérescence des Bacilles sur milieux de culture est la même que celle qui agit dans le sang vivant des chenilles, on peut néanmoins établir un rapprochement entre les deux ordres de phénomènes. Les hypothèses que nous avons d'ailleurs formulées pour expliquer la transformation des Coccobacilles dans le sang peuvent expliquer aussi la transformation et la mort subséquente des éléments de *B. neurotomæ* sur milieu de culture.

Les chenilles d'*Agrotis segetum* et *A. pronubana* inoculées avec *B. neuro-*

tomæ s'infectent sans réagir autrement que par phagocytose; les larves de *Neurotoma nemoralis* s'infectent aussi, mais on peut observer, comme sur milieu de culture, la transformation de certains éléments en masses géantes qui dégénèrent ensuite.

Micrococcus neurotomæ est une espèce généralement peu virulente pour les Insectes, et cependant, elle se multiplie plus vite que l'autre espèce et ne provoque pas de réaction phagocytaire plus intense; par contre, elle est souvent la cause de réactions intenses de type humoral qui se manifestent par la bactériolyse des éléments ou leur transformation en masses arrondies qui dégénèrent ensuite. Nous avons observé ces réactions notamment chez les chenilles d'*A. segetum* et *pronubana* et, quelquefois, chez les larves de *Neurotoma*. Ces faits viennent à l'appui de la thèse que nous avons formulée sur l'importance des réactions de type humoral dans l'immunité naturelle chez les Insectes.

BIOLOGIE. — *Nouvelles remarques sur la membrane de fécondation de l'œuf d'Oursin* (Paracentrotus lividus). Note de M. R. **Courrier**, transmise par M. Widal.

Nous avons vu dans une Communication précédente qu'on peut rendre l'œuf vierge d'Oursin perméable à l'eau et aux sels par différents procédés ([1]). Poursuivant nos recherches, nous avons constaté que les œufs ainsi perméabilisés sont encore fécondables, mais qu'ils ne forment plus de membrane à la fécondation ([2]). Les conditions extérieures étant les mêmes, si la membrane ne se forme pas, c'est que les substances, émises par l'œuf normal après l'entrée du spermatozoïde, ne sortent plus de l'œuf soumis à ces différents procédés. Ce fait corrobore la conclusion que nous avions formulée il y a quelques mois ([3]), à savoir qu'un œuf, ou non arrivé à maturité, ou atteint dans la constitution intime de son cytoplasme (dans nos expériences, le protoplasme est sûrement touché puisqu'il devient perméable) ne rejette plus à la fécondation les produits qui interviennent dans la formation de la membrane. Le fait est intéressant si l'on envisage la membrane comme test de l'élimination de certains déchets ovulaires,

([1]) *Comptes rendus*, décembre 1923.

([2]) Ce fait avait déjà été signalé par Brachet après action du sperme vivant de l'Hermelle.

([3]) *Comptes rendus*, avril 1923.

car il indique qu'on peut bloquer en partie « la réaction épuratrice » de Bataillon.

Que deviennent ces œufs fécondés qui ne forment pas de membrane? On constate qu'ils s'arrêtent plus ou moins tôt au cours de leur segmentation. Cet arrêt de développement peut être dû ou bien à la polyspermie parfois très abondante, ou bien à une intoxication de l'œuf par la substance qui l'a attaqué; ou bien encore à un empoisonnement du plasma ovulaire par les déchets non éliminés à la fécondation; enfin Brachet, dans ses expériences avec le sperme de l'Hermelle, avait supposé que l'œuf succombait par privation d'eau et de sels, étant enserré dans une gangue imperméable représentée par la membrane non soulevée. Il est difficile de se rallier à ce point de vue puisque l'œuf soumis à l'action de la toxine contenue dans le corps et le sperme de l'Hermelle est plus perméable qu'un œuf normal. Nous laisserons de côté les œufs intoxiqués par le KCN ou le rouge Congo, substances qui ont une action brutale et provoquent une forte polyspermie. Nous considérerons uniquement les œufs soumis à la toxine de l'Hermelle. Ceux-ci ne sont pas polyspermiques comme Brachet l'avait déjà signalé. Leur développement s'arrête en général à la blastula et, fait capital déjà enregistré par Brachet, l'œuf est capable d'évoluer normalement et d'atteindre le stade *Pluteus* si on le traite par l'acide butyrique au cours de ses premières segmentations. On guérit donc l'œuf par le traitement membranogène de la technique de Loeb. C'est ce traitement qui provoque l'élimination de certains déchets colloïdaux dans la parthénogénèse chimique. On a ainsi le droit de supposer que l'arrêt au stade blastula est dû à l'absence d'élimination de ces déchets au moment de la fécondation. La théorie de Bataillon s'appliquerait ainsi à l'œuf d'Oursin, d'une façon moins rigoureuse il est vrai que chez les Batraciens, puisque l'évolution atteint le stade blastula sans qu'une membrane se soit formée. Nous avons d'ailleurs vu dans quelques cas le développement aller jusqu'au *Pluteus*. Quoi qu'il en soit, le traitement membranogène exerce une influence très nette, comme Brachet l'a constaté le premier.

Nous venons de voir qu'en attaquant l'œuf vierge d'Oursin par différentes substances, il est possible d'inhiber la formation de la membrane à la fécondation; c'est une action sur le protoplasme ovulaire qui n'émet plus alors de déchets membranogènes. Mais si la membrane est bien due à une précipitation de produits ovulaires arrivant au contact du milieu extérieur, on peut éviter sa formation sans attaquer l'œuf, mais en agissant simplement à la porte de celui-ci. Il suffit pour cela de modifier la constitution

physico-chimique du milieu ambiant. L'œuf rejettera ses déchets, mais ceux-ci ne se précipiteront plus.

Les œufs émettent leur membrane 40 secondes environ après l'insémination quand ils sont dans une eau de mer normale ($P_H = 8,2$). Si nous plongeons des œufs dans une eau de mer acide ($P_H = 2,2$) 25 secondes après l'insémination, on constate que la membrane ne se forme pas; ces œufs reportés dans l'eau de mer normale évoluent jusqu'au stade *Pluteus*. On peut répéter l'expérience avec P_H 4 ou 6; dans ce cas les membranes sont incomplètes quand les œufs sont plongés 25 secondes après l'insémination; mais si l'expérience se fait plus tôt, la plupart des œufs ne forment plus de membrane, d'autres en ont encore une très près de la surface ovulaire; le développement est normal. En faisant l'expérience avec de l'eau de mer alcalinisée par KOH ($P_H = 11$) on n'inhibe pas la membrane. Par contre, si l'on plonge des œufs 25 secondes après l'insémination dans une solution à 5 pour 100 de KCN dans l'eau de mer ($P_H = 11$), la membrane ne se forme pas. Il ne s'agit pas dans ces expériences d'une atteinte du protoplasme ovulaire qui ne rejetterait plus de déchets membranogènes, car nous avons vu qu'avec le KCN ou l'eau de mer acidifiée, il faut une vingtaine de minutes pour que l'œuf vierge soit attaqué et ne forme plus de membrane; ici, au contraire, nous agissons en quelques secondes. Le mode d'action semble donc différent; dans un cas on lèse l'œuf et l'on inhibe sa réaction épuratrice; dans l'autre cas on agit à la porte de l'œuf sur les substances qui en sortent. Dans le premier cas, le développement est la plupart du temps anormal; dans le second, l'œuf évolue jusqu'au stade *Pluteus*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Application de la réaction de Sörensen à l'étude de la toxicité de la tuberculine*. Note [1] de MM. E. **Fernbach** et G. **Rullier**, présentée par M. Roux.

Sörensen a montré que, si l'on fait agir du formol sur des corps répondant à la formule générale $-R\left\langle\begin{array}{l}Az.H^2\\ COOH\end{array}\right.$, la réaction suivante se produit :

$$-R\left\langle\begin{array}{l}Az.H^2\\ COOH\end{array}\right. + H-\underset{\overset{\|}{O}}{C}-H = -R\left\langle\begin{array}{l}Az-CH^2\\ COOH\end{array}\right. .$$

[1] Séance du 2 janvier 1924.

La méthode la plus généralement répandue à l'heure actuelle pour le dosage des acides aminés repose sur cette réaction.

La tuberculine brute de l'Institut Pasteur (extrait glycériné préparé à chaud de cultures de bacilles tuberculeux) contient, à côté de corps azotés de structure compliquée, des acides aminés, auxquels la réaction générale mentionnée ci-dessus est applicable.

Dans la tuberculine brute, préalablement neutralisée vis-à-vis de la phtaléine, il suffit d'ajouter un léger excès de formol, également neutre au même réactif pour voir apparaître une acidité permanente, qu'il devient facile de mesurer avec précision.

Quel est l'effet que va produire ce blocage précis, méthodique et successif de la fonction amine ou de la fonction acide ainsi apparue sur le pouvoir toxique bien connu de la tuberculine vis-à-vis du cobaye tuberculeux ? L'expérience suivante répond à cette question.

Tous les animaux dont nous nous sommes servis étaient tuberculisés depuis six semaines par une injection sous-cutanée d'une émulsion de B. tuberculeux (Race bovine de Vallée).

Une quantité de bouillon identique à celui qui sert à préparer la tuberculine, traité par un volume suffisant de formol à 40 pour 100 dilué de son volume d'eau et injecté à la même dose que la tuberculine est incapable de tuer le cobaye tuberculeux.

Notre tuberculine tue l'animal en moins de 12 heures à la dose de 5^{cm^3} d'une dilution au $\frac{1}{10}$: soit deux doses mortelles (1er témoin).

A. *Tuberculine dont l'acidité primitive a été simplement neutralisée à la soude* $\frac{N}{1}$ (2e témoin) :

Un cobaye inoculé avec deux doses mortelles... *mort en moins de 12 heures.*

B. *Tuberculine alcalinisée après neutralisation* (3e témoin) :

Un cobaye inoculé avec deux doses mortelles... *mort en moins de 12 heures.*

C. *Tuberculine où les groupements aminés sont bloqués* (traitement au formol à 40 pour 100, dilué de son volume d'eau et neutralisé) :

Trois cobayes inoculés avec deux doses mortelles. *Mort des trois animaux* dans les mêmes délais que les témoins.

D. *Tuberculine où les groupements aminés étant bloqués par le formol, les groupes carboxyle sont alors neutralisés exactement par la soude :*

Trois cobayes inoculés avec deux doses mortelles. *Les trois animaux sont vivants au bout de six jours.*

E. *Tuberculine dont les fonctions aminées ont été bloquées et dont la fonction acide a été neutralisée, puis remise en liberté par acidification :*

Deux animaux inoculés avec deux doses mortelles. *Mort de ces deux animaux* dans les mêmes délais que les témoins.

Dans toutes les additions de réactifs que nous avons pratiquées à 20°, nous n'avons jamais observé le moindre phénomène de précipitation.

Il suit de ces expériences que :

1° La neutralisation et l'alcanilisation de la tuberculine, sans formolisation préalable, n'amènent aucun changement dans le pouvoir toxique (2e et 3e témoins).

2° La suppression de la fonction amine par combinaison avec le formol n'entraîne pas la disparition de la toxicité (C).

3° Par contre, la neutralisation par la soude de la fonction COOH qui apparaît après formolisation, annule le pouvoir mortel de la tuberculine vis-à-vis du cobaye tuberculeux (D), et ce pouvoir mortel, il nous est possible de le faire réapparaître par réacidification (E).

Il semble donc que la fonction carboxyle (COOH) *joue un rôle important dans la toxicité de la tuberculine.*

Il y a quelques années, M. Jousset [1] avait pu conclure de ses recherches que la tuberculine n'accompagnait ni les albumines, ni les peptones, mais bien les acides aminés. Le présent travail tend à prouver qu'il y a entre la toxicité de la tuberculine et la présence d'acides aminés un rapport encore plus étroit et, comme conséquence de nos observations nous entrevoyons la possibilité de faire, par voie chimique, un dosage précis du pouvoir toxique de la tuberculine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Production d'acide β-oxybutyrique par processus microbien.* Note [2] de M. LEMOIGNE, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai démontré que l'on peut caractériser l'acide β-oxybutyrique

$$(CH^3 - CH.OH - CH^2 - CO\,OH)$$

dans des macérations aqueuses de certaines bactéries [3]. Je désignerai sous la dénomination de *Bacille* M la bactérie que j'ai principalement utilisée pour ces recherches.

---

[1] A. JOUSSET, *Bull. Ac. Méd.*, juin 1914, et *Revue de la Tuberculose*, juillet 1915.

[2] Séance du 2 janvier 1924.

[3] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1761.

Dans le travail présent, j'établirai que cet acide est un produit physiologique normal que l'on peut caractériser dans la masse microbienne avant toute autolyse et que, d'autre part, il dérive, par un processus biochimique, de substances intracellulaires.

I. Si l'on cultive le *Bacille* M sur gélose sucrée et peptonée, on constate que la matière crémeuse constituée par les bacilles est nettement acide. Dans les cultures âgées, alors que les glucides ont disparu du milieu, la réaction devient alcaline par suite de la formation d'ammoniaque. Le tableau suivant donne les variations de l'acidité, exprimée en centimètres cubes de solution normale. Les chiffres se rapportent à 300^{cm^3} de dilution microbienne examinée de suite, avant toute autolyse.

Age de la culture	2 jours	5 jours	9 jours
Microbes secs en grammes	$6^g,3$	$7^g,16$	$2^g,45$
Acidité totale	$2^{cm^3},1$	$2^{cm^3},25$	alcalin
Alcalinité totale	acide	acide	2,97
Acidité pour 100^g de microbes secs	33,3	31,4	»

Pour déterminer la nature chimique de l'acide qui se forme dans ces conditions, il faut disposer d'une quantité importante de bacilles. J'ai utilisé dans ce but la méthode de Nicolle et Alilaire. Huit boîtes de Nicolle donnaient, après 48 heures, 150^g de bactéries fraîches correspondant à 33^g de matière sèche. Les bacilles frais sont, au fur et à mesure de leur récolte, mis dans quatre volumes d'alcool à 96°. J'ai pu en extraire un acide fixe, soluble, sirupeux, qui possède un pouvoir rotatoire lévogyre élevé et qui donne, par distillation, de l'acide α-crotonique ($CH^3-CH=CH-COOH$) dont les cristaux sont caractérisés par leur point de fusion et leur indice d'acide.

Ces faits prouvent nettement que l'acidité initiale du *Bacille* M est due à la présence de l'acide β-oxybutyrique qui doit être considéré comme un produit physiologique normal de cet organisme cultivé en milieu complet. Plusieurs essais m'ont permis d'établir, qu'en moyenne, 100^g de bacilles secs contiennent $3^g,5$ d'acide.

II. La présence d'acide β-oxybutyrique dans les microbes normaux peut faire supposer que l'acidification que j'ai observée antérieurement dans les macérations aqueuses du *Bacille* M n'est due qu'à la diffusion d'acide préformé dans le corps microbien, diffusion facilitée par la désagrégation cellulaire se produisant au cours de l'autolyse. L'influence de la température prouve qu'il n'en est pas ainsi. Nulle au-dessous de 15°, la production d'acide est maxima entre 30° et 35°, subsiste, bien que ralentie,

à 50° et devient nulle à 100° et 120°. Les microbes portés à 100° perdent la propriété de s'acidifier ultérieurement. Ces faits ne peuvent s'expliquer qu'en admettant, au cours de la macération aqueuse, la formation biologique et très vraisemblablement diastasique, d'acide β-oxybutyrique aux dépens d'une substance mère non acide.

D'autre part, contrairement à ce qui se produit dans d'autres phénomènes d'acidification par processus microbien, la quantité d'acide formée est réglée, non par l'acidité finale du milieu, mais uniquement par la quantité de microbes mis en œuvre, quel que soit l'âge de la culture et son degré de dilution : en moyenne 100^{g} de bacilles secs donnent de 15 à 19^{g} d'acide, soit environ cinq fois plus qu'avant autolyse.

Entre autres expériences ayant servi à établir cette moyenne, je citerai l'essai suivant dans lequel on compare des macérations aqueuses de trois jours, faites à 30° avec des cultures de deux, cinq et neuf jours. Les chiffres se rapportent à 300$^{cm^3}$.

	Age des cultures.		
	2 jours.	5 jours.	9 jours.
Acidité finale en centimètres cubes de solution N..	13,65	15,15	1,35
Acide β-oxybutyrique formé....................	1^{g},2	1^{g},34	0^{g},447
Acide β-oxybutyrique pour 100^{g} de bacilles secs..	19^{g}	18^{g},7	18^{g},2

Dans le dernier cas, la réaction qui, au début, était alcaline, est devenue acide après macération aqueuse. Dans les trois cas, bien que les réactions finales des milieux soient différentes, les quantités d'acide formées pour un même poids de microbes sont sensiblement les mêmes. Ces faits indiquent nettement que ce qui limite l'acidification c'est l'épuisement en matière première susceptible de se transformer en acide.

Cette substance mère peut être une substance soluble (glucide, protide ou dérivés) provenant du milieu de culture imbibant la masse bacillaire ou, au contraire, être contenue à l'intérieur même des corps microbiens.

On peut résoudre facilement cette question si, par centrifugation, on élimine la majeure partie des produits solubles. Le culot microbien reste imprégné d'un liquide qui ne renferme au début que 0^{g},056 d'extrait sec soluble. Après quarante-huit heures de macération dans l'eau distillée, on constate la formation de 0^{g},157 d'acide, quantité triple de l'extrait soluble initial.

La substance mère de l'acide β-oxybutyrique est donc nécessairement un produit intracellulaire, peu dialysable.

Conclusions. — L'acide β-oxybutyrique est un produit physiologique

normal du *Bacille* M cultivé en milieu complet. Il provient de la transformation biologique d'une substance mère intracellulaire, réserve somatique ou protoplasme.

MICROBIOLOGIE. — *La microsporidiose du lapin; ses relations avec la rage.* Note de MM. C. LEVADITI, S. NICOLAU et M[lle] R. SCHOEN, présentée par M. Roux.

Dans deux Notes présentées à la Société de Biologie (¹), nous avons précisé la nature de l'*Encephalitozoon cuniculi*, agent étiologique de l'encéphalite épizootique du lapin. Les caractères morphologiques des spores, l'existence de kystes libres, ou inclus dans le protoplasma des cellules névrogliques, ou des épithéliums rénaux, la ressemblance avec les microsporidies des insectes (*Nosema bombicis*, pébrine), des poissons (*Thélohania* Henneguy, *Glugea lophii* Doflein) (²) et des reptiles, nous ont autorisé à affirmer que l'*Encephalitozoon est une microsporidie. C'est pour la première fois que l'on rencontre une microsporidie pathogène pour les mammifères.*

De nouveaux faits ont été observés depuis :

1° L'examen microscopique du sédiment obtenu par centrifugation de l'*urine* recueillie par ponction vésicale, chez deux lapins infectés, nous a révélé d'assez nombreuses spores microsporidiennes. De plus, nous avons examiné l'urine d'un lapin qui avait vécu pendant six mois au contact d'animaux inoculés (contamination spontanée); nous y avons découvert les mêmes spores. En outre, l'examen histologique du rein montre que bon nombre de tubes droits sont farcis de kystes. On peut suivre l'évolution du parasite dans la cellule rénale, jusqu'à l'éclatement du kyste, le déversement des spores dans la lumière du canalicule rénal et leur élimination par l'urine. Ces données permettent de comprendre le mode de propagation de la maladie. Les spores, présentes dans l'urine, souillent les matières alimentaires et pénètrent, avec elles, dans l'estomac et l'intestin. *La transmission de la maladie paraît donc s'effectuer par la voie digestive* (³).

2° Une émulsion d'encéphale, pauvre en microsporidies, a été inoculée dans le péritoine de plusieurs souris. Une de ces souris est morte 18 jours après l'inoculation. L'exsudat péritonéal montre un grand nombre de

(¹) LEVADITI, NICOLAU et M[lle] SCHOEN, *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 1923, p. 989 et 1157.

(²) DOFLEIN, *Zoolog. Jahrb.*, t. 11, p. 290.

(³) D'autres voies de propagation sont possibles.

parasites inclus dans des kystes intra-cellulaires. Le noyau des cellules parasitées est rejeté à la périphérie, le protoplasma contient une vacuole remplie de spores. L'*Encephalitozoon* est présent dans le *foie* du même animal, inclus dans les cellules de Kupfer. L'encephalitozoon *est donc capable de se développer dans l'organisme de la souris.*

3° *Analogie avec la rage.* — La présence d'une microsporidie virulente dans l'organisme d'un mammifère permet de supposer que des maladies, autres que l'encéphalite épizootique, pourraient être provoquées par des microorganismes appartenant au groupe des microsporidies. *Nous pensons que la rage peut être une de ces maladies microsporidiennes.* Voici les arguments qui nous autorisent à formuler cette hypothèse :

a. Certaines microsporidies se développent dans le système nerveux. On les trouve, en effet, dans les centres nerveux des vers à soie (*Nosema bombicis*) et tout particulièrement dans le névraxe du *Lophius pescatorius*, où la *Glugea lophii* [Doflein (1)] provoque des lésions et pénètre dans les cellules nerveuses, pour donner lieu à des kystes.

b. On sait que le virus rabique pullule dans les glandes salivaires et qu'il s'élimine par la salive [Roux (2)]. Or la pébrine se développe, elle aussi, dans l'épithélium des glandes séricifères, qui en élimine les spores, de même que l'*Encephalitozoon* se multiplie dans les cellules rénales, pour être excrété avec l'urine. La rage serait donc une microsporidiose, dans laquelle le parasite envahit à la fois les centres nerveux et certaines glandes dont la sécrétion entraîne le virus vers l'extérieur, se comportant ainsi comme l'encéphalite épizootique du lapin et bien d'autres microsporidioses.

c. Les corps de Negri de la rage ont l'apparence et les affinités colorantes des kystes microsporidiens. Ces corps, libres ou inclus dans les neurones de la corne d'Ammon, se colorent, comme les kystes de l'*Encephalitozoon*, par la méthode de Mann, par l'hématoxyline ferrique et par le bleu de Unna [*c. f.* Manouélian (3)]. Les corps de Negri offrent l'aspect de kystes entourés d'une membrane (Manouélian) et sont constitués par de petits corpuscules élémentaires, véritables spores microsporidiennes.

Il est donc fort possible que la rage soit une infection provoquée par une microsporidie de dimensions très réduites, bien plus petite que l'*Encephalitozoon*. Les corps de Negri représenteraient les pansporoblastes ou les

(1) Doflein, *Lehrbuch der Protozoenkunde*, Fischer, Jena, 1916.
(2) Le virus existe aussi dans le pancréas.
(3) Manouélian, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 26, 1912, p. 973.

kystes microsporidiens, les corpuscules élémentaires seraient des spores, dont le diamètre restreint rendrait possible leur filtration à travers les bougies. Rien d'étonnant à cela, puisque les dimensions des microsporidies connues varient dans des limites assez larges (de 1 μ à plusieurs μ).

Des recherches en cours permettront de vérifier l'*hypothèse de la nature microsporidienne du virus rabique.*

MICROBIOLOGIE. — *A propos des irrégularités de la fermentation lactique en présence de certains antiseptiques.* Note ([1]) de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

En ensemençant de la même manière, au moyen du bacille lactique, une série de tubes renfermant le même volume de milieu de culture et en maintenant ces tubes à l'étuve pendant le même temps, tous les bactériologistes qui ont, avant nous, étudié la fermentation, croyant ainsi opérer dans des conditions identiques, ont cependant toujours constaté que la quantité d'acide lactique formé variait d'un tube à l'autre.

M. Richet et ses élèves ont observé en outre que ces irrégularités s'accentuaient considérablement lorsque le milieu de culture était additionné de certains antiseptiques et notamment de sublimé.

Ne pouvant découvrir la cause de ces variations, ces auteurs en ont accusé le microbe.

Or il nous a semblé difficilement explicable que des lots d'ensemencement, composés chacun de centaines de millions de bacilles ayant la même origine, puisés dans la même culture mère, puissent jouir de propriétés différentes.

Reprenant méthodiquement l'étude de tous les facteurs de l'expérience, nous avons réussi à établir une technique précise grâce à laquelle ces irrégularités disparaissent ([2]).

La fermentation devient d'une régularité complète, aussi bien en milieu normal qu'en présence de sublimé, *quelle que soit la dose de poison employée et le nombre de germes d'ensemencement, que l'on arrête la fermentation à son début ou qu'on la prolonge pendant plusieurs jours.*

([1]) Séance du 2 janvier 1924.

([2]) Auguste Lumière, *Contribution à l'étude de la fermentation lactique et des propriétés des microbes* (*Annales de l'Institut Pasteur*, novembre 1923, p. 967-987).

Nos résultats sont contestés par M. Richet [1] qui, reprenant les mêmes expériences, n'est pas parvenu à obtenir la constance de la fermentation et prétend que des variations dans la prolifération microbienne s'accusent quand le nombre de microbes d'ensemencement et le temps de séjour à l'étuve diminuent. Il en conclut qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de notre travail.

Cette opinion nous semble un peu trop hâtivement exprimée pour les raisons suivantes :

Si nos résultats sont négligeables, c'est qu'ils sont entachés d'erreur et que nous avons mal opéré, or comment peut-il se faire qu'en opérant mal nous ayons la plus complète régularité dans la formation de l'acide lactique, tandis que M. Richet, qui opérerait bien, n'obtiendrait que des irrégularités ?

Ce qui tend à prouver que ce sont nos résultats qui sont valables, c'est qu'au voisinage de la dose antivégétative, l'acidité des bouillons, toujours égale dans tous les tubes d'un même essai, est inversement proportionnelle à la quantité d'antiseptique introduite dans le milieu cultural.

La représentation graphique du phénomène est une ligne droite et pour qu'une loi aussi précise se dégage d'un ensemble de dosages expérimentaux, il faut nécessairement qu'aucune erreur ne se soit glissée dans les déterminations.

Lorsque nous avons cherché à nous rendre compte de l'influence du nombre de germes sur la régularité de la fermentation, nous avons dilué notre culture mère de façon qu'elle renferme seulement, à volume égal, 1000, 10000, 100000 et même 150000 fois moins de bacilles que la culture initiale et nous avons tout d'abord enregistré, en présence du sublimé, les mêmes variations que celles signalées par M. Richet. Mais nous avons bientôt trouvé la cause de ce trouble dans l'insuffisante homogénéité de la culture d'ensemencement qui renfermait des amas microbiens plus ou moins volumineux en même temps que des microorganismes isolés.

Par vive agitation, puis centrifugation pour éliminer les amas agglutinés, nous avons obtenu une culture très homogène ne renfermant plus que des éléments dispersés et avec laquelle la régularité fermentative s'est de nouveau montrée d'une façon complète.

Il est probable que les amas, constitués surtout par des cadavres micro-

---

(1) Ch. Richet, *Antiseptiques réguliers et irréguliers* (*Comptes rendus* p. 1262).

biens agglutinés, sont capables de fixer plus facilement le sublimé que les microbes vivants.

Quand on utilise une culture très diluée, le nombre de ces amas qui absorbent le chlorure mercurique peut varier d'un tube à l'autre, certains peuvent même n'en point renfermer, si la dilution est poussée très loin et l'on comprend ainsi pourquoi l'emploi d'une culture non parfaitement homogénéisée donne des variations d'autant plus grandes que cette culture est plus diluée.

Il est également probable que c'est cette cause d'erreur qui intervient dans les irrégularités des dosages de M. Richet et nous persistons à penser que ce sont nos résultats qui doivent être retenus et non ceux de cet expérimentateur.

M. Richet tire de ses expériences une conclusion d'ordre pratique en disant qu'il faut tenir compte, en chirurgie, de l'infidélité des effets du sublimé; nous sommes entièrement d'accord avec lui sur ce point, déjà connu et admis d'ailleurs depuis longtemps par les chirurgiens. Cette notion découle en réalité d'un autre ordre de faits : suivant la nature et l'état d'une plaie, l'antiseptique épuise plus ou moins complètement et inutilement son action en se combinant avec certaines matières protéiques inertes; il précipite certaines matières albuminoïdes et devient inopérant.

Nos travaux ont, en définitive, démontré que les irrégularités de la fermentation lactique constatées par nos devanciers ne proviennent que de la non-identité des conditions de leurs expériences et que les propriétés fondamentales de la cellule vivante élémentaire — le microbe, en l'espèce — ont un grand caractère de fixité, qu'elles ne sauraient être mises en cause pour expliquer les variabilités de la fermentation.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle des traumatismes dans l'infection charbonneuse du cobaye par les voies digestives.* Note [1] de M. **A. Boquet**, présentée par M. Roux.

Pasteur, Chamberland et Roux ont observé que les animaux de laboratoire, et surtout le cobaye, si sensibles aux autres modes d'inoculation, opposent à l'infection charbonneuse expérimentale par les voies digestives une résistance presque insurmontable. D'autre part, les expériences de

---

[1] Séance du 26 décembre 1923.

Besredka sur le cobaye tendent à montrer que seule la peau est sensible à la bactéridie. Or il est couramment admis (Nocard et Leclainche), et cette opinion est fondée sur les caractères cliniques et anatomo-pathologiques du charbon, que les voies digestives sont la porte d'entrée habituelle de l'infection naturelle. La contradiction est si flagrante entre ces données qu'il nous a paru utile de chercher l'explication des faits sur lesquels elles reposent.

Si l'on fait ingérer à des cobayes, à jeun depuis 36 heures, une grande quantité de spores charbonneuses (le contenu d'une boîte de Roux pour trois cobayes) répandues sur du pain, les ensemencements de leur sang prélevé par ponction cardiaque, après asepsie de la peau, fournit 6 fois sur 10 une culture pure de bactéridies. La présence de ces microbes dans le sang peut être ainsi décelée depuis la deuxième jusqu'à la huitième heure après le repas infectant. Au delà, les ensemencements restent stériles (sauf tardivement dans les cas de septicémie secondaire). Comme un cobaye seulement, sur 6 infectés par ingestion, meurt de charbon en 4 à 9 jours, souvent avec œdème sous-glossien, il semble que beaucoup d'animaux résistent à la bactéridie absorbée au niveau des voies digestives et se comportent comme les animaux de Besredka, inoculés par voie endoveineuse.

Les cobayes qui ont résisté à l'ingestion de doses massives de premier et de deuxième vaccin anticharbonneux à 8 ou 10 jours d'intervalle, succombent lorsque, 3 semaines après, ils sont éprouvés avec $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de deuxième vaccin injecté sous la peau (dose minima mortelle $\frac{1}{5000}$ de centimètre cube).

Le fait suivant nous a particulièrement frappé au cours de nos expériences. Tous les cobayes, sauf un sur une vingtaine, saignés par ponction cardiaque 2 à 20 heures après le repas infectant, sont morts de charbon, souvent avec œdème autour du point de pénétration de l'aiguille. Au contraire, les animaux infectés de la même manière, mais non saignés, n'ont succombé que dans la proportion de 1 sur 6. L'idée s'imposait que le charbon ainsi observé était d'origine interne, développé à la faveur de la blessure cutanée et musculaire de la ponction. Nous avons alors fait l'expérience que voici :

Vingt et un cobayes neufs, à jeun, ingèrent chacun, comme les précédents, le contenu d'un tiers de boîte de Roux de spores charbonneuses (deuxième vaccin). Quatre sont saignés : 3 heures après (culture négative), 4 heures après (culture positive), 5 heures après (culture positive) et 20 heures après (culture négative). Tous meurent de charbon.

Six des cobayes survivants, dont la peau avait été rasée sur une surface

de 8^{cm^2} à 10^{cm^2}, épilée sur une même étendue, scarifiée ou contusionnée, et deux cobayes ayant reçu, sous la peau, 2^{cm^3} de solution de Locke, meurent de charbon du 4e au 6e jour.

Sur neuf cobayes du même lot, non traumatisés, un seul meurt de charbon. Des sept cobayes neufs témoins, traumatisés comme les premiers, et laissés à leur contact pour le contrôle de l'infection d'origine externe, aucun n'est contaminé.

Même si, tenant compte de la souillure des téguments par les déjections virulentes, on devait attribuer à une infection exogène la mort des cobayes rasés ou scarifiés, il n'en apparaît pas moins, à l'examen de ces faits, que la bactéridie véhiculée par le sang ne se fixe que dans les tissus contus et ne se multiplie, pour créer le charbon, que dans les épanchements hémo-lymphatiques provoqués par les traumatismes.

Il résulte de nos expériences que, malgré la pénétration constante des spores charbonneuses dans la circulation sanguine pendant la digestion d'aliments infectés, le cobaye sain présente, ainsi que l'avaient montré Pasteur, Chamberland et Roux, une grande résistance à l'infection charbonneuse par les voies digestives, quelque importantes que soient les doses de spores ingérées.

Les bactéridies absorbées passent rapidement dans le système circulatoire où elles sont décelables, par l'hémo-culture, 2 à 8 heures après le repas infectant. Elles peuvent circuler dans le sang pendant plusieurs heures sans créer le charbon ni l'immunité contre cette affection. Mais la réceptivité du cobaye est accrue, et l'infection rendue presque certaine lorsque, pendant les quelques heures que le sang véhicule des bactéridies, la peau est lésée par un traumatisme. L'hypothèse de Pasteur sur l'origine digestive du charbon, et la notion nouvelle apportée par Besredka de l'extrême sensibilité de la peau lésée à l'infection bactéridienne, trouvent dans ces faits leur confirmation.

A 15^h30^m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1923 (*suite et fin.*)

Étude théorique et expérimentale sur les coups de bélier dans les conduites forcées, rapports de MM. E. Jouguet, A. Rateau et de Sparre, établis à l'occasion du IIe Congrès de la Houille blanche. Paris, Dunod et Pinat, 1917; 1 vol. 28cm.

Faune de France : diptères anthomyides, par E. Séguy. Paris, Presses universitaires de France et Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 25cm.

Traité de Mécanique rationnelle, par Paul Appell. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1924; 1 vol. 25cm.

Recueil des nivellements des chemins de fer de la Russie d'Europe, catalogue des hauteurs absolues et *Données sommaires météorologiques et océanographiques pour les mers de Kara et de Sibérie*, par Jules de Schokalsky. Petrograd, 1918; 2 vol. 27cm.

Historical mathematical Paris, par David Eugène Smith. American mathematical monthly, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Hadamard.)

Cartes économiques de l'Afrique occidentale française, publiées sous le haut patronage du Ministre des Colonies, par A. Meunier, géographe du Ministère des Colonies : no 1, *Cultures alimentaires, fourragères et médicinales;* no 2, *Cultures industrielles;* no 3, *Oléagineux;* no 4, *Forêts;* no 5, *Élevage;* no 6, *Faune*. Paris, chez l'auteur, 1922; 6 planches 106 × 75cm.

La chronaxie chez l'homme, par Georges Bourguignon. Paris, Masson et Cie, 1923; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

Cours d'épuration des eaux et assainissement des cours d'eau, IIIe Partie du Cours d'hydraulique, par M. Diénert. Paris, École spéciale des Travaux publics, 1922; 1 vol. 22cm. (Présenté par M. E. Roux.)

Fisiologia ed aviazione, par Amedeo Herlitzka. Bologna, Nicola Zanichelli, 1923; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Ch. Richet.)

De la voix : étude scientifique de sa formation et de son émission; ses maladies, par J. Baratoux. Paris, Gutheil, 1923; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Bazy.)

Mémorial de l'Artillerie française (tome I : 1er, 2e, 3e, 4e fascicules; tome II : 1er fascicule). Paris, Imprimerie nationale, 1923; 5 vol. 25cm. (Présentés par M. H. Sebert.)

Études glaciologiques. Ministère de l'Agriculture, direction des Eaux et Forêts (Tome IV). Paris, Imprimerie nationale, 1922; 1 vol. 27cm.)

Bau und Entatehung der Alpen, par L. Kober. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1923; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Termier.)

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Russie, janvier, décembre. Petrograd, 1922; 1 fasc. 26^{cm}.

Le sorgho, son histoire, ses applications, par ANDRÉ PIÉDALLU. Paris, Société d'éditions géographiques maritimes et coloniales, 1923; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Costantin.)

L'hérédité chez la betterave cultivée, par JACQUES LEVÊQUE DE VILMORIN. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1923; 1 vol. 27^{cm}. (Présenté par M. P. Dangeard.)

Biologia sociale, par GUIDO CREMONEZE. Firenze, Baccio Bacci, s. d.; 1 vol. 24^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 22 octobre 1923.)

Note de M. *Ladislas Gorczynski*, Sur la diminution de l'intensité dans la partie rouge du rayonnement solaire, observée entre l'Europe et l'Équateur :

Page 754, ligne 8, *au lieu de* Gorczinski, *lire* Gorczyński.

Page 755, ligne 15, *au lieu de* 35, *lire* 45.

Page 756, ligne 12, *au lieu de* à Varsovie, *lire* au cours du voyage; ligne 14, *au lieu de* cette variation, *lire* cette variation du « rouge ».

(Séance du 13 novembre 1922.)

Note de M. *Charles-L.-R.-E. Menges*, Sur le coefficient de Fresnel :

Page 868, ligne 4, souligner le mot *coefficient;* ligne 9, *au lieu de* L'entraînement dmis, *lire* L'entraînement partiel admis; ligne 4 en remontant, *au lieu de* il n'y a pas d'entraînement, *lire* il n'y a pas de *coefficient* d'entraînement.

(Séance du 10 décembre 1923.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la torsion des arbres de transmission :

Page 1236, ligne 7, *au lieu de* temps employé, *lire* temps T employé.